



TUGAS AKHIR – RC14 – 1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG PRIME  
BIZ HOTEL MENGGUNAKAN METODE BETON  
PRACETAK DENGAN SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

MUHAMMAD ZAHID  
NRP 3114 106 033

Dosen Pembimbing I  
Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Dr. techn Pujo Aji, ST.,MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017



TUGAS AKHIR – RC14 – 1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG PRIME  
BIZ HOTEL MENGGUNAKAN METODE BETON  
PRACETAK DENGAN SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

MUHAMMAD ZAHID  
NRP 3114 106 033

Dosen Pembimbing I  
Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Dr. techn Pujo Aji, ST.,MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017



FINAL PROJECT – RC14 – 1501

**DESIGN MODIFICATION OF PRIME BIZ HOTEL  
USING PRECAST METHOD WITH INTERMEDIATE  
MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM**

MUHAMMAD ZAHID  
NRP 3114 106 033

Counsellar Lecturer I  
Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Counsellar Lecturer II  
Dr. techn Pujo Aji, ST.,MT

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2017



## LEMBAR PENGESAHAN

### **MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MUHAMMAD ZAHID**

NRP. 3114 106 033

Dosen Pembimbing:

- 1) Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19830808 200812 1 005

- 2) Dr.techn Pujo Aji, ST.,MT  
NIP. 19730208 199802 1 001



**SURABAYA**

**Januari, 2017**



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **MODIIKASI PERENCANAAN GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

**Nama Mahasiswa : Muhammad Zahid**  
**NRP : 3114106033**  
**Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS**  
**Dosen Pembimbing :**  
**1. Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D**  
**2. Dr. techn Pujo Aji, ST., MT**

## **ABSTRAK**

*Beton Pracetak adalah suatu proses produksi elemen struktur bangunan pada suatu lokasi yang berbeda dengan tempat dimana elemen struktur tersebut akan digunakan menjadi suatu kesatuan dalam sebuah bangunan. Metode pracetak (precast) juga digunakan pada pekerjaan struktur dalam bidang teknik sipil di Indonesia, seperti pada rumah susun, mall maupun apartemen.*

*Metode pracetak (precast) memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode cor setempat (cast in site). Kelebihan tersebut antara lain adalah pada metode pracetak (precast) waktu pengerjaan yang relatif singkat, proses produksinya tidak tergantung cuaca, tidak memerlukan tempat penyimpanan material yang luas, hemat akan bekisting dan penopang bekisting, kontrol kualitas beton lebih terjamin, tidak memerlukan treatment atau perlakuan khusus, serta praktis dan cepat dalam pelaksanaannya sehingga dapat mereduksi durasi proyek dan secara otomatis biaya yang dikeluarkan menjadi kecil.*

*Gedung Prime Biz Hotel merupakan gedung yang menyediakan fasilitas jasa penginapan yang terdiri dari 11 lantai dimana dalam hal pelaksanaan pembangunannya menggunakan metode beton bertulang konvensional (cast in place). Dalam hal ini, penulis akan merencanakan ulang struktur gedung tersebut*

*dengan menggunakan metode beton bertulang pracetak (precast). Pondasi gedung ini akan dirancang menggunakan pondasi tiang pancang. Gedung ini juga akan dirancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah*

*Hasil dari modifikasi gedung Prime Biz Hotel ini meliputi ukuran balok induk 55/70, ukuran balok anak 30/50 dan 2 macam ukuran kolom yaitu lantai 1-6 75x75 cm, lantai 7-11 65x65 cm. Sambungan antar elemen pracetak digunakan sambungan basah, dan konsol pendek.*

***Kata Kunci : Pracetak, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah, Sambungan Basah.***

# DESIGN MODIFICATION OF PRIME BIZ HOTEL USING PRECAST METHOD WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM

Name of Student : Muhammad Zahid  
Regist Number of student : 3114106033  
Study Program/Department : Extension Scholar Study  
Program Civil Engineering  
Department  
Lectures :  
1. Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
2. Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

## ABSTRACT

*Precast concrete is a production process of building structural element at different location which the structural element will be used to be unity in a building. Precast method also used in structural work in civil engineering field in Indonesia, like a vertical housing, mall including apartment.*

*Precast method has some advantage compared to cast in place method. The advantage such as working time is relative short, weather will not be a problem, no need a large storage area, economic cost for formwork and scaffolding, good quality control, no need special treatment, also reduce project duration, and cost will be more economical.*

*The Prime Biz Hotel Building is a hotel with 11 story which in construction process use conventional method (cast in situ). In this case, the author will redesign the building structure with precast method. This building also will be designed using "intermediate moment resisting frame system".*

*The result from this modification is beam dimension is 55/70, small beam dimension is 30/50 and two kinds of column for 1-6 story is 75x75 cm and for 7-11 story is 65x65 cm. The joint between element of precast used wet joint and short consol.*

**Keyword : Precast, intermediate moment resisting frame system, Wet Joint**



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan dan menyusun tugas akhir ini.

Tersusunnya tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami ucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materil terutama doanya.
2. Bapak Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D dan Dr.techn Pujo Aji, ST.,MT selaku dosen pembimbing saya yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Heppy Kristijanto,ST.,MT selaku dosen selaku dosen wali saya yang telah banyak memberikan dukungan dan semangat dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya dan saran-saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga apa yang kami sajikan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak.

Surabaya, Januari 2017

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.2.1. Permasalahan Utama .....	2
1.2.2. Detail Permasalahan .....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.3.1. Tujuan Utama .....	3
1.3.2. Detail Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat .....	4
1.5.1. Manfaat Umum.....	4
1.5.2. Manfaat Khusus .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Umum.....	5
2.1.1. Beton Pracetak .....	5
2.2. Elemen Beton Pracetak .....	5
2.3. Pelat.....	5
2.3.1. Balok.....	6
2.4. Perencanaa Sambungan.....	7
2.4.1. Sambungan dengan Cor Setempat .....	8
2.4.2. Sambungan Las.....	9
2.5. Tinjauan Elemen Pracetak.....	11
2.5.1. Pengangkatan Pelat Pracetak .....	11
2.5.2. Pengangkatan Balok Pracetak.....	12



2.6. Tahapan Proses Pracetak.....	14
2.6.1. Produksi .....	14
2.6.2. Sistem Transportasi .....	18
2.6.3. Metode Erection.....	20
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>25</b>
3.1. Pengumpulan Data .....	26
3.2. Peraturan yang Digunakan .....	30
3.3. Preliminary Design Bangunan Atas .....	30
3.3.1. Pengaturan Denah.....	30
3.3.2. Penentuan Dimensi Elemen Struktur .....	30
3.4. Permodelan Struktur.....	32
3.5. Pembebanan Struktur Atas .....	32
3.5.1. Kombinasi Pembebanan .....	40
3.6. Analisa Struktur .....	40
3.6.1. Perhitungan Gaya Dalam .....	40
3.7. Perencanaan Struktur Sekunder.....	40
3.7.1. Perencanaan Tulangan Tangga .....	40
3.7.2. Perencanaan Tulangan Balok Anak .....	41
3.7.3. Perencanaan Struktur Atap .....	41
3.7.4. Perencanaan Lift .....	41
3.8. Perencanaan Struktur Utama.....	42
3.8.1. Pelat .....	42
3.8.2. Perencanaan Tulangan Balok.....	43
3.8.3. Perencanaan Tulangan Kolom .....	45
3.9. Perencanaan Sambungan.....	45
3.9.1. Perencanaan Sambungan pada Balok dan Kolom.....	46
3.9.2. Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak .....	48
3.9.3. Perencanaan Sambungan Balok dengan Pelat .....	49
3.10. Design Bangunan Bawah .....	49
3.10.1. Perencanaan Pondasi.....	49
3.11. Gambar Teknik.....	52
<b>BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN .....</b>	<b>53</b>
4.1. Preliminary Desain.....	53

4.1.1. Data Perencanaan.....	53
4.1.2. Pembebanan.....	53
4.1.3. Perencanaan Dimensi Balok .....	54
4.1.4. Perencanaan Tebal Pelat .....	57
4.1.5. Perencanaan Dimensi Kolom.....	61
4.2. Perencanaan Struktur Sekunder .....	63
4.2.1. Permodelan dan Analisa Struktur Pelat .....	63
4.2.2. Data Perencanaan Balok Anak Pracetak.....	87
4.2.3. Perencanaan Tangga .....	100
4.2.4. Perencanaan Balok Lift.....	114
4.3. PEMODELAN STRUKTUR .....	122
4.3.1. Umum .....	122
4.3.2. Pembebanan.....	123
4.4. Perencanaan Struktur Utama .....	145
4.4.1. Umum .....	145
4.4.2. Perencanaan Balok Induk .....	145
4.4.3. Desain Kolom .....	166
4.4.4. Desain Sloof.....	172
4.5. Perencanaan Sambungan.....	175
4.5.1. Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom.....	175
4.5.2. Perhitungan Sambungan Balok Induk – Balok Anak	183
4.5.3. Perencanaan Sambungan Pelat dan Balok .....	186
4.5.4. Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Type HS ....	187
4.5.5. Perencanaan Sambungan Antar <i>Half Slab</i> .....	187
4.6. Perencanaan Pondasi .....	189
4.6.1. Desain Tiang Pancang .....	189
4.7. Metode Pelaksanaan.....	205
4.7.1. Umum .....	205
4.7.2. Pengangkatan dan Penempatan Crane .....	206
4.7.3. Pekerjaan Elemen Kolom .....	206
4.7.4. Pemasangan Elemen Balok Induk .....	207
4.7.5. Pemasangan Elemen Balok Anak .....	207
4.7.6. Pemasangan Elemen Pelat .....	208
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>209</b>

5.1. Kesimpulan .....	209
5.2. Saran.....	210
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>211</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Pelat Pracetak Berlubang .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Pelat Pracetak Tak Berlubang .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Pelat Pracetak Double Tees.....	6
<b>Gambar 2.4</b> Balok berpenampang persegi .....	6
<b>Gambar 2.5</b> Balok berpenampang L .....	7
<b>Gambar 2.6</b> Balok Berpenampang T terbalik .....	7
<b>Gambar 2.7</b> Sambungan dengan Cor Setempat .....	9
<b>Gambar 2.8</b> Sambungan Las .....	10
<b>Gambar 2.9</b> Sambungan Baut .....	10
<b>Gambar 2.10</b> Posisi titik angkat pelat dengan 4 buah titik angkat .....	12
<b>Gambar 2.11</b> Posisi titik angkat pelat dengan 8 buah titik angkat .....	12
<b>Gambar 2.12</b> Pengangkatan balok pracetak.....	13
<b>Gambar 2.13</b> Model pembebanan pada saat pengangkatan .....	13
<b>Gambar 2.14</b> Posisi titik angkat dan sokongan sementara pada balok pracetak.....	14
<b>Gambar 2.15</b> Cetakan untuk komponen beton pracetak .....	16
<b>Gambar 2.16</b> Produksi komponen beton pracetak .....	17
<b>Gambar 2.18</b> Rocker System .....	19
<b>Gambar 2.19</b> Wall Panel Laid Flat .....	19
<b>Gambar 2.20</b> Sistem Transportasi Vertikal.....	20
<b>Gambar 2.21</b> Metode erection arah vertikal.....	21
<b>Gambar 2.22</b> Metode erection arah horizontal.....	22
<b>Gambar 2.23</b> Erection komponen pracetak.....	23
<b>Gambar 3.1</b> ( 1 ) Denah Sebelum di modifikasi dan (2) Denah Sesudah di modifikasi.....	28
<b>Gambar 3.2</b> ( 1 ) Potongan memanjang sebelum di modifikasi 29 (2) Potongan memanjang sesudah di modifikasi .....	29
<b>Gambar 3.3</b> Faktor Pembesaran Torsi, $A_x$ .....	39
<b>Gambar 3.4</b> Sambungan balok dengan kolom.....	47
<b>Gambar 3.5</b> Parameter geometri konsol pendek.....	47
<b>Gambar 3.6</b> Sambungan balok induk dengan balok anak.....	48
<b>Gambar 3.7</b> Sambungan Balok dengan Pelat .....	49



<b>Gambar 4.1</b>	Denah Pembalokan .....	55
<b>Gambar 4.2</b>	Tipe pelat A.....	58
<b>Gambar 4.3</b>	Tipe Pelat A (400 x 265 cm).....	66
<b>Gambar 4.4</b>	Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat).....	73
<b>Gambar 4.5</b>	Diagram Gaya Geser Horizontal Penampang Komposit .....	82
<b>Gambar 4.6</b>	Penulangan Stud Plat Lantai .....	83
<b>Gambar 4.7</b>	Jarak Tulangan Angkat Menurut Buku .....	84
	(PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 5 Edition, 1992).....	84
<b>Gambar 4.8</b>	Posisi Titik Angkat Pelat Arah j.....	86
<b>Gambar 4.9</b>	Posisi Titik Angkat Pelat Arah i.....	86
<b>Gambar 4.10</b>	Dimensi Balok Anak Sebelum Komposit .....	87
<b>Gambar 4.11</b>	Dimensi Balok Anak Sesudah Komposit .....	87
<b>Gambar 4.12</b>	Denah Pembebanan Balok Anak.....	88
<b>Gambar 4.13</b>	Titik Pengangkatan .....	96
<b>Gambar 4.14</b>	Sudut pengangkatan .....	97
<b>Gambar 4.15</b>	Letak Titik Pengangkatan .....	98
<b>Gambar 4.16</b>	Balok Anak Sebelum Komposit.....	100
<b>Gambar 4.17</b>	Balok Anak Sesudah Komposit .....	100
<b>Gambar 4.18</b>	Denah Tangga .....	102
<b>Gambar 4.19</b>	Tampak Samping Tangga .....	102
<b>Gambar 4.20</b>	Sketsa Beban pada Tangga .....	104
<b>Gambar 4.21</b>	<i>Free Body Diagram Gaya-Gaya pada Tangga..</i>	106
<b>Gambar 4.22</b>	Bidang Lintang (D) pada Tangga.....	106
<b>Gambar 4.23</b>	Bidang Normal (N) pada Tangga.....	107
<b>Gambar 4.24</b>	Bidang Momen (M) pada Tangga .....	107
<b>Gambar 4.25</b>	Denah Lift .....	115
<b>Gambar 4.26</b>	Penampang Balok .....	117
<b>Gambar 4.27</b>	Denah Struktur Gedung Prime Biz Hotel.....	122
<b>Gambar 4.28</b>	Potongan Struktur Gedung Prime Biz Hotel.....	122
<b>Gambar 4.29</b>	Model 3D Struktur Gedung Prime Biz Hotel.....	123
<b>Gambar 4.30</b>	Spektrum Respons Gempa Rencana .....	127
<b>Gambar 4.31</b>	Detail Pembalokan .....	146
<b>Gambar 4.32</b>	Denah Pembalokan .....	151

<b>Gambar 4.33</b>	Gaya geser tumpuan ultimit .....	158
<b>Gambar 4.34</b>	Gaya geser lapangan ultimit.....	160
<b>Gambar 4.35</b>	Torsi yang terjadi pada BI-1 .....	161
<b>Gambar 4.36</b>	Momen Saat Pengangkatan Balok Induk .....	163
<b>Gambar 4.37</b>	Letak Titik Pengangkatan .....	164
<b>Gambar 4.38</b>	Gambar Letak Kolom 750/750 mm .....	166
<b>Gambar 4.39</b>	Penampang Kolom As.....	168
<b>Gambar 4.40</b>	P-M Diagram Interaksi Kolom As .....	168
<b>Gambar 4.41</b>	Gambar Momen Nominal Kolom .....	169
<b>Gambar 4.42</b>	Diagram Interaksi Sloof .....	173
<b>Gambar 4.43</b>	Geometrik Konsol Pendek .....	175
<b>Gambar 4.44</b>	Panjang Penyaluran Kait Standar Balok Induk ..	184
<b>Gambar 4.45</b>	Sambungan <i>Dapped End</i> (sumber: PCI) .....	183
<b>Gambar 4.46</b>	Sambungan Antar <i>Half Slab</i> .....	188
<b>Gambar 4.47</b>	Letak pondasi kolom yang ditinjau .....	189
<b>Gambar 4.48</b>	Pile Cap .....	193
<b>Gambar 4.49</b>	Posisi tiang pancang kolom.....	194
<b>Gambar 4.50</b>	Tinjauan Geser 2 arah terhadap kolom .....	197
<b>Gambar 4.51</b>	Tinjauan Geser 2 arah terhadap tiang.....	198
<b>Gambar 4.52</b>	Pembebanan penulangan arah X .....	200
<b>Gambar 4.53</b>	Pembebanan penulangan arah Y .....	202
<b>Gambar 4.54</b>	Metode <i>erection</i> arah horisontal.....	206
<b>Gambar 4.55</b>	Pemasangan Balok Induk Pracetak .....	207
<b>Gambar 4.56</b>	Pemasangan Pelat Pracetak .....	208

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan Metode Penyambungan.....	8
<b>Tabel 2.2</b> Pengelompokkan peralatan <i>erection</i> kemampuan dalam satu hari. ....	23
<b>Tabel 3.1</b> Beban mati pada struktur .....	33
<b>Tabel 3.2</b> Beban hidup pada struktur .....	34
<b>Tabel 3.3</b> Ketidakberaturan horizontal pada struktur .....	38
<b>Tabel 4.1</b> Rekapitulasi Dimensi Balok Induk .....	56
<b>Tabel 4.2</b> Rekapitulasi Dimensi Balok Anak.....	57
<b>Tabel 4.3</b> Rekapitulasi Dimensi Pelat.....	60
<b>Tabel 4.4</b> Tulangan Terpasang pada Pelat .....	81
<b>Tabel 4.5</b> Spesifikasi Passenger Elevator .....	115
<b>Tabel 4.6</b> Kontrol Berat Bangunan .....	131
<b>Tabel 4.7</b> Gaya Geser Dasar Ekuivalen Arah X .....	132
<b>Tabel 4.8</b> Gaya Geser Dasar Ekuivalen Arah Y .....	133
<b>Tabel 4.9</b> Periode Struktur dan Rasio Partisipasi Massa .....	135
<b>Tabel 4.10</b> Simpangan Antarlantai Arah X.....	136
<b>Tabel 4.11</b> Simpangan Antarlantai Arah Y.....	137
<b>Tabel 4.12</b> Kontrol Pengaruh $P-\Delta$ Arah X.....	140
<b>Tabel 4.13</b> Kontrol Pengaruh $P-\Delta$ Arah Y.....	140
<b>Tabel 4.14</b> Data Eksentrisitas Torsi Bawaan .....	141
<b>Tabel 4.15</b> Data Eksentrisitas Torsi Tak Terduga .....	142
<b>Tabel 4.16</b> Nilai dari $\delta_{max}$ , $\delta_{avg}$ , dan $A_x$ untuk gempa arah x ....	143
<b>Tabel 4.17</b> Nilai dari $\delta_{max}$ , $\delta_{avg}$ , dan $A_y$ untuk gempa arah y ....	144
<b>Tabel 4.18</b> Data $N_{SPT}$ .....	191
<b>Tabel 4.19</b> Jarak Tiang Pancang Kolom .....	195



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Gedung Prime Biz Hotel merupakan bangunan dengan tinggi 11 Lantai yang terletak di Jalan Gayung Kebonsari Kota Surabaya. Gedung ini dikerjakan menggunakan beton bertulang biasa dengan metode cor di tempat (*cast in situ*). Gedung ini memiliki bentuk yang sama pada tiap lantainya (*tipical*).

Kemajuan teknologi proyek konstruksi memaksa para praktisi dari insan perguruan tinggi untuk mencari metode yang tepat untuk mendapatkan cara agar tujuan mereka semua dapat dicapai. Aspek – aspek yang berpengaruh dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak, terutama aspek teknis dan ekonomis, dikupas secara komprehensif dan mendalam berdasarkan keilmuan terkini [1]. Perkembangan standarisasi komponen beton pracetak seperti layaknya pada industri baja. Standarisasi pada struktur arsitektur akan mempercepat desain pabrikasi sehingga dapat diterapkan pada rancang bangun menggunakan beton pracetak secara total [2]. Kebutuhan akan bangunan bertingkat mendorong timbulnya kebutuhan akan suatu rancangan struktur yang ekonomis, dapat dilaksanakan dengan cepat dan efisien tanpa mengurangi kekakuan antar komponen struktur bangunan. [3] (**R. Tito Hario Rahadi Tjitrosoma, 2012**). Pekerjaan pelat merupakan salah satu bagian dari konstruksi yang membutuhkan waktu lama dalam proses pembuatannya. Banyak perusahaan kontraktor yang ada saat ini masih menggunakan cara konvensional yaitu dengan cara pengecoran di tempat (*cast in situ*). Cara konvensional tersebut membutuhkan waktu yang lama karena masih menggunakan tulangan biasa, beton, dan bekisting dari kayu. Sehingga perusahaan-perusahaan penyedia produk atau jasa berkompetisi untuk mencari alternatif metode konstruksi untuk pelat. Salah satu alternatif pelat tersebut adalah pelat beton pracetak (*precast*) (**Rininta Fastaria, 2014**).

Dalam penggunaannya, metode beton pracetak ini lebih tepat jika digunakan pada beberapa kondisi. Kondisi tersebut antara lain, bangunan berada pada daerah gempa dengan nilai parameter gerak tanah yang relatif rendah dan tipe gedung yang tipikal. (Amar Ma'ruf 2011).

Dengan melihat kondisi ini, maka sangatlah tepat jika metode beton pracetak digunakan pada pembangunan gedung tersebut. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini penulis akan memodifikasi gedung Prime Biz Hotel dengan menggunakan metode beton pracetak. Sistem gedung yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

## **1.2. Perumusan Masalah**

### **1.2.1. Permasalahan Utama**

Permasalahan utama dalam Tugas Akhir ini adalah Bagaimana merancang gedung Prime Biz Hotel menggunakan metode beton pracetak (*precast*).

### **1.2.2. Detail Permasalahan**

1. Bagaimana merancang struktur bangunan menggunakan beton pracetak (*precast*).
2. Bagaimana merancang struktur bangunan yang monolit dan mampu menerima beban lateral.
3. Bagaimana merancang dimensi plat dan balok yang kuat dan efisien.
4. Bagaimana merancang detail sambungan komponen pracetak.
5. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan program bantu.
6. Bagaimana mengaplikasikan hasil perhitungan perencanaan kedalam gambar teknik dengan program bantu.

### **1.3. Tujuan**

#### **1.3.1. Tujuan Utama**

Tujuan utama dalam Tugas Akhir ini adalah Merancang gedung Prime Biz Hotel menggunakan metode beton pracetak (*precast*).

#### **1.3.2. Detail Tujuan**

1. Merancang struktur bangunan menggunakan beton pracetak (*precast*).
2. Merancang struktur bangunan yang monolit dan mampu menerima beban lateral.
3. Merancang dimensi plat dan balok yang kuat dan efisien.
4. Merancang detail sambungan komponen pracetak.
5. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan program bantu.
6. Mengaplikasikan hasil perhitungan perencanaan kedalam gambar teknik dengan program bantu.

### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam perencanaan ini adalah:

1. Beton pracetak yang digunakan adalah beton pracetak biasa (*non prestress*).
2. Komponen struktur yang menggunakan beton pracetak adalah pelat dan balok, sedangkan kolom menggunakan metode *cast in situ*.
3. Perancangan tidak dengan unsur arsitektur dan utilitas.
4. Program yang digunakan adalah *ETABS* dan *Autocad* 2012.

## **1.5. Manfaat**

### **1.5.1. Manfaat Umum**

Manfaat dari perencanaan ini adalah mampu merencanakan bangunan gedung yang cepat dalam pelaksanaan dan ekonomis.

### **1.5.2. Manfaat Khusus**

Dapat menerapkan dan mensosialisasikan peraturan-peraturan perencanaan yang benar dan yang berlaku saat ini pada bangunan serta dapat menambah wawasan tentang perencanaan sistem beton pracetak (*precast*).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

##### **2.1.1. Beton Pracetak**

Metode pabrikasi pembuatan beton bertulang dikenal dengan beton pracetak. Definisi beton pracetak menurut SNI-2847-2013 adalah elemen struktur yang dicetak ditempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Metode beton pracetak lebih ekonomis bila dibandingkan metode *cast in site* karena pemakaian bekisting yang tidak banyak, mengurangi jumlah pekerja, dan waktu yang relatif singkat.

#### **2.2. Elemen Beton Pracetak**

Elemen struktur beton pracetak yang banyak diproduksi dan digunakan pelat dan balok adalah sebagai berikut :

#### **2.3. Pelat**

Beberapa macam pelat yang sering diproduksi dan digunakan menggunakan metode beton pracetak menurut *PCI Design Handbook 5<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* antara lain:

##### **1. Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)**

Pelat tipe ini biasanya menggunakan kabel pratekan. Tebal pelat pracetak jenis ini 4 sampai 15 inch.



**Gambar 2.1** Pelat Pracetak Berlubang  
(*Hollow Core Slab*)

## 2. Pelat Pracetak Tak Berlubang (*Solid Flat Slab*)

Pelat pracetak jenis ini memiliki tebal yang lebih tipis daripada pelat pracetak berlubang, lebih berat jenis ini lebih berat daripada jenis pelat berlubang. Pelat pracetak tak berlubang ini dapat berupa pelat pratekan ataupun pelat beton bertulang biasa. Tebal pelat jenis ini antara 4 sampai 8 inch.



**Gambar 2.2** Pelat Pracetak Tak Berlubang  
(*Solid Flat Slab*)

## 3. Pelat Pracetak *Double Tees*

Pelat pracetak ini memiliki bagian berupa dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung.



**Gambar 2.3** Pelat Pracetak Double Tees

### 2.3.1. Balok

Elemen balok pracetak (*precast beam*) dapat diproduksi dengan berbagai bentang bentuk penampang. Antara lain:

#### 1. Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)



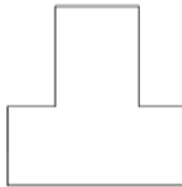
**Gambar 2.4** Balok berpenampang persegi  
(*Rectangular Beam*)

#### 2. Balok berpenampang L (*L-Shaped Beam*)



**Gambar 2.5** Balok berpenampang L  
(*L-Shaped Beam*)

### 3. Balok Berpenampang T terbalik (*Inverted Tee Beam*)



**Gambar 2.6** Balok Berpenampang T terbalik  
(*Inverted Tee Beam*)

## 2.4. Perencanaan Sambungan

Secara umum sambungan komponen pracetak dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu sambungan basah dan sambungan kering. Yang termasuk kedalam kategori sambungan basah adalah sambungan dengan cor ditempat (*in situ concrete joint*). Sedangkan untuk sambungan kering terdiri dari sambungan las dan sambungan baut. Tiap-tiap jenis sambungan tersebut memiliki karakteristik masing-masing, karakteristik dari masing-masing metode penyambungan tersebut bisa dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini (Wulfram I Ervianto,2006).



**Tabel 2.1** Perbandingan Metode Penyambungan

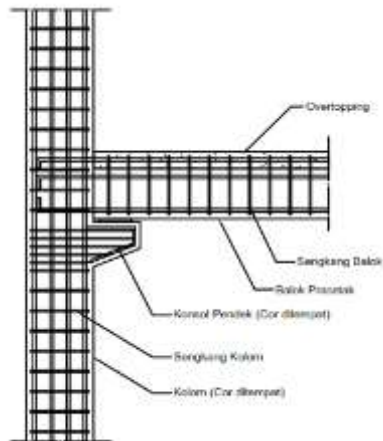
<b>Deskripsi</b>	<b>In-Situ Concrete Joint</b>	<b>Sambungan Baut dan Las</b>
Keutuhan Struktur	Monolit	Tidak Monolit
Waktu yang dibutuhkan agar sambungan dapat berfungsi secara efektif	Perlu setting time	Segera dapat berfungsi
Jenis Sambungan	Basah	Kering
Ketinggian bangunan	-	Maksimal 25 meter
Waktu pelaksanaan	Lebih lama karena membutuhkan waktu untuk setting time	Lebih cepat 25%-40% bila dibandingkan dengan in-situ concrete joint
Toleransi dimensi	Lebih tinggi bila dibandingkan dengan sambungan baut dan las	Rendah, sehingga dibutuhkan akurasi yang tinggi selama proses produksi dan erection
Bentang dari struktur yang mampu didukung	Terbatas	Terbatas

*Sumber : Wulfram I Ervianto, 2006*

#### **2.4.1. Sambungan dengan Cor Setempat**

Sambungan dengan metode ini digolongkan pada kategori sambungan basah. Sambungan ini lebih sering digunakan dalam pelaksanaan beton pracetak, karena dapat menghasilkan struktur yang lebih kaku jika dibandingkan menggunakan sambungan jenis lainnya. Disamping itu, sambungan jenis ini juga lebih mudah untuk dikerjakan di lapangan.

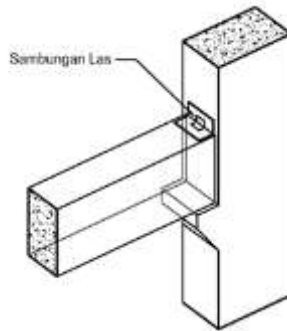
Metode penyambungan jenis ini menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung antar elemen beton pracetak ataupun antara elemen beton pracetak dengan beton cor di tempat. Elemen beton pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor pada bagian ujungnya untuk menyambung elemen yang satu dengan elemen yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit, seperti pada gambar 2.7



**Gambar 2.7** Sambungan dengan Cor Setempat

#### 2.4.2. Sambungan Las

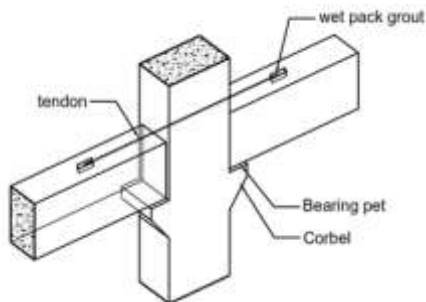
Metode penyambungan ini menggunakan alat penyambung berupa pelat baja yang ditanamkan dalam beton dan ditempatkan pada ujung-ujung beton yang akan disatukan. Plat baja tersebut berfungsi untuk meneruskan gaya-gaya sehingga pelat baja tersebut harus benar-benar menyatu dengan material beton yang disambung. Untuk menyatukan plat baja dari beton yang akan disambung, maka pelat baja pada ujung-ujung beton tersebut dilas, seperti terlihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Sambungan Las

Setelah dilas, pelat yang disambung tersebut kemudian ditutup dengan menggunakan adukan beton. Hal ini dilakukan agar pelat penyambung tersebut terhindar dari korosi yang membahayakan kekuatan sambungan.

Pada daerah pertemuan antara balok dan kolom, ujung balok ditopang oleh konsol pendek (*corbels*) yang merupakan satu bagian yang monolit dengan kolom. Untuk menyatukan kedua bagian tersebut, dilakukan pengelasan pada pelat baja yang tertanam dalam balok dengan pelat baja yang telah disiapkan pada sisi kolom.



**Gambar 2.9** Sambungan Baut

Metode penyambungan dengan menggunakan baut dilakukan dengan memberikan pelat baja pada kedua elemen beton pracetak yang akan disambung. Selanjutnya, kedua komponen tersebut disatukan dengan menggunakan baut melalui pelat yang telah disiapkan tadi. Baut yang digunakan adalah baut dengan mutu baja tinggi. Setelah itu, pelat tersebut dicor dengan adukan beton agar terhindar dari korosi.

## **2.5. Tinjauan Elemen Pracetak**

### **2.5.1. Pengangkatan Pelat Pracetak**

Proses pengangkatan dan penyimpanan elemen pracetak harus diperhatikan dengan baik. Hal tersebut perlu dilakukan untuk menjamin agar elemen pracetak tidak mengalami kerusakan/keretakan. Untuk itu, kita perlu memperhatikan hal-hal yang perlu memperhatikan hal-hal yang tertera pada *PCI Design Handbook 5<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete Chapter 5*. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memperlakukan elemen beton pracetak tersebut antara lain:

(a) Dua titik angkat

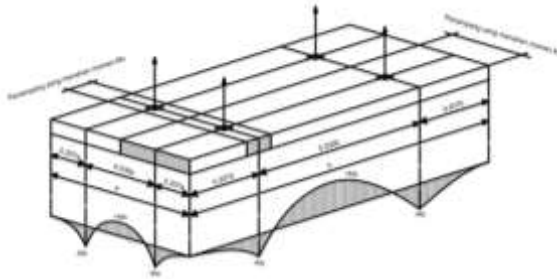
Maksimum Momen

$$+ M_x = -M_y = 0.0107.w.a^2.b$$

$$+ M_y = -M_x = 0.0107.w.a.b^2$$

$M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan  $15t$  atau  $b/2$ .

$M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$ .



**Gambar 2.10** Posisi titik angkat pelat dengan 4 buah titik angkat  
(Sumber *PCI design handbook 5<sup>th</sup> Edition*)

(b) Empat titik angkat

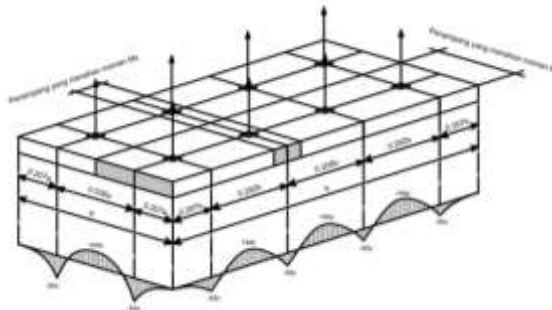
Maksimum Momen (pendekatan)

$$+ M_x = -M_y = 0.0054 \cdot w \cdot a^2 \cdot b$$

$$+ M_y = -M_x = 0.0027 \cdot w \cdot a \cdot b^2$$

$M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan  $15t$  atau  $b/4$ .

$M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$ .

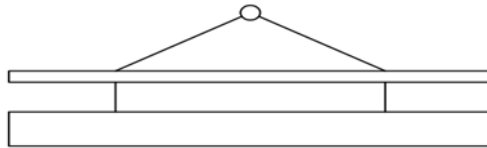


**Gambar 2.11** Posisi titik angkat pelat dengan 8 buah titik angkat  
(Sumber *PCI design handbook 5<sup>th</sup> Edition*)

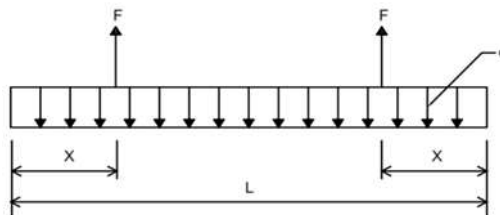
### 2.5.2. Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk

dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.

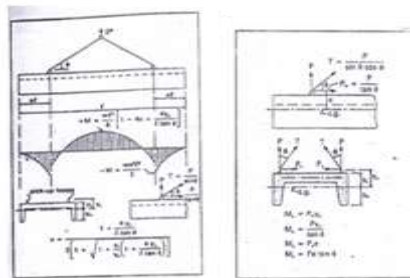


**Gambar 2.12** Pengangkatan balok pracetak



**Gambar 2.13** Model pembebanan pada saat pengangkatan

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 2.14** Posisi titik angkat dan sokongan sementara pada balok pracetak

(Sumber : *PCI design handbook 5<sup>th</sup> Edition*)

## **2.6. Tahapan Proses Pracetak**

### **2.6.1. Produksi**

#### **2.6.1.1. Umum**

Hal penting dalam faktor produksi adalah penentuan prioritas, komponen yang akan lebih dahulu dipabrikasi tentu harus disesuaikan dengan rencana kerja dan metode kerja yang direncanakan. Untuk mencapai kesesuaian pemilihan komponen yang harus diproduksi lebih dahulu maka dibutuhkan koordinasi antara pabrikator dan instalator. Area produksi harus tertata dengan baik, mulai dari penumpukan material dasar, proses pengecoran, proses perawatan beton serta penyimpanan komponen beton pracetak. Konsekuensi dari unit ini (pabrikator) adalah harus menyediakan lahan kerja yang cukup luas karena lahan penumpukan bahan dan komponen beton pracetak yang diproduksi memiliki ukuran dan kuantitas yang besar.

Hakikat dari pabrikasi beton pracetak adalah :

- a) Kebutuhan akan tenaga kerja relatif lebih sedikit.
- b) Kecepatan proses produksi.
- c) Perbaikan kualitas produk.

Dibandingkan dengan proses konstruksi tradisional, hal yang menonjol dalam produksi beton pracetak adalah penggunaan mesin dalam pabrik untuk menghasilkan komponen beton pracetak. Selain membutuhkan tenaga kerja lebih sedikit, penggunaan mesin akan mengurangi kesalahan yang diakibatkan oleh “faktor manusia” sehingga akan dihasilkan produk dengan kualitas yang seragam.

### 2.6.1.2. Metode Produksi

Beberapa metode yang dapat digunakan dalam lingkungan pabrik guna menghasilkan komponen beton pracetak ada 3, yaitu:

#### 1. *Stationary Production*

Metode produksi di mana proses pabrikasinya dilakukan pada cetakan yang bersifat tetap (tidak dapat bergerak) sampai pekerjaan selesai. Cetakan yang digunakan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga mudah dibongkar.

#### 2. *Slip-form Production*

Metode pabrikan dengan menggunakan cetakan yang dapat bergerak sepanjang casting bed. Pelepasan cetakan tersebut dilakukan dengan menggetarkan beton yang telah dipadatkan. Metode ini banyak dipakai untuk memproduksi beton pracetak berupa plat.

#### 3. *Flow-line Production*

Metode pabrikan untuk memproduksi komponen dalam jumlah banyak (massal), misalnya komponen atap, dengan harapan dapat mempersingkat waktu produksi.

Pemilihan metode pabrikan tergantung dari beberapa faktor, yaitu:

1. Jumlah komponen yang diproduksi.
2. Dimensi dari komponen beton pracetak yang akan diproduksi.
3. Bentuk dari komponen beton pracetak, linier/flat (*slab-type component*).
4. Sistem yang akan digunakan (*prestressed* atau konvensional).
5. Komposisi produk dan material yang akan digunakan (*light-weight concrete component, multi layer slab*).

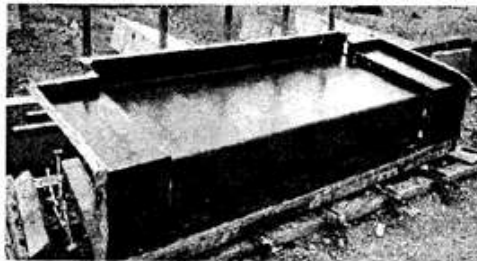
### 2.6.1.3. Cetakan (*Moulding*)

Cetakan merupakan unsur yang sangat penting dalam mekanisme proses produksi beton pracetak. Biaya yang



dikeluarkan untuk pengadaan cetakan menyerap porsi yang cukup besar dari total biaya yang diperlukan. Persyaratan yang harus dipenuhi adalah dimensi yang akurat guna menghasilkan komponen beton pracetak yang tepat. Dimensi serta kualitas beton sangat tergantung dari cetakannya. Persyaratan yang harus dipenuhi sebagai suatu cetakan beton pracetak adalah:

1. Mempunyai volume yang stabil, sehingga dapat dihasilkan dimensi beton pracetak yang akurat.
2. Dapat digunakan berulang kali tanpa mengeluarkan biaya perawatan yang berarti.
3. Mudah dipindahkan dan rapat air sehingga tidak memungkinkan air agregat keluar dari cetakan.
4. Mempunyai daya lekat yang rendah dengan beton dan mudah membersihkannya,
5. Dapat digunakan untuk memproduksi berbagai bentuk komponen beton pracetak (fleksibel).



**Gambar 2.15** Cetakan untuk komponen beton pracetak  
(Sumber: Nilam Satrio, 2005)

#### **2.6.1.4. Kondisi di Lapangan**

Metode produksi yang digunakan adalah *stationary production* dan *slip-form production*. Metode *stationary production* dapat digunakan untuk memproduksi komponen balok precast ataupun pelat lantai, sedangkan *slip-form production* digunakan untuk memproduksi komponen pelat lantai.

Kebutuhan jumlah material untuk memproduksi komponen struktur dengan teknologi beton pracetak sama saja

jika dibandingkan *cast in-situ*. Dalam pabrikasi dibutuhkan bahan tambah (*additif*) berupa sikamet dengan takaran sesuai kebutuhan. Untuk memenuhi kebutuhan bahan-bahan tersebut, pihak pabrik menjalin kerjasama dengan beberapa supplier dengan tujuan agar harga bahan tidak dipermainkan oleh supplier. Keterlambatan produksi tidak pernah disebabkan karena terlambatnya pengiriman material oleh supplier, sehingga system yang diterapkan pabrik cukup baik.

Kebutuhan mesin produk umumnya dipenuhi dengan cara memesan/membeli dari luar negeri. Jenis mesin yang dibutuhkan: mesin cetak, mesin aduk, mesin potong, mesin *stressing*, mesin *lifting*, *crane*, *forklift*.

Produktifitas pekerja dipabrik lebih konsisten, disebabkan oleh lingkungan kerja yang lebih baik (tidak panas, tidak kehujanan). Risiko terjadinya kecelakaan kerja di pabrik lebih kecil dibandingkan dengan kerja dilokasi proyek.

Produksi dapat dilaksanakan setiap saat, tidak terpengaruh cuaca, sehingga jadwal dapat ditepati sesuai dengan rencana. Dengan pelaksanaan produksi di pabrik memungkinkan untuk melaksanakan pekerjaan secara seri. Kualitas produk yang dihasilkan juga lebih seragam. Hal ini disebabkan oleh terjadinya pengendalian kualitas yang baik. Berat sendiri komponen beton pracetak tidak menimbulkan masalah bagi produsen, namun demikian harus disesuaikan dengan kemampuan alat yang tersedia untuk transportasi dan pemasangan (maksimum  $\pm 2$  ton/komponen).



**Gambar 2.16** Produksi komponen beton pracetak  
(Sumber: Nilam Satrio, 2005)

## 2.6.2. Sistem Transportasi

### 2.6.2.1. Pemilihan Mode Transportasi

Sistem transportasi yang digunakan adalah jalur jalan raya. Alasan utama pemakaian jalur ini adalah tersedianya jaringan jalan raya sampai ke lokasi proyek sehingga hambatan yang timbul untuk mentransportasikan komponen relative kecil. Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah kegiatan *handling* yang hanya terjadi pada saat pemuatan dan pembongkaran ke dan dari mode transportasi darat.

Jarak yang masih layak antara lokasi pabrik dengan lokasi proyek berkisar  $\pm 200$  km. Sedangkan kuat rencana komponen beton pracetak agar layak ditransportasikan adalah berkisar antara 50% - 70% dari kuat. Pemilihan mode transportasi darat berupa truk disebabkan oleh factor keleluasaan bergerak ke segala arah dan tempat. Kapasitas angkut truk maksimum dalam satu kali angkut adalah 20 ton.

### 2.6.2.2. Sistem Transportasi

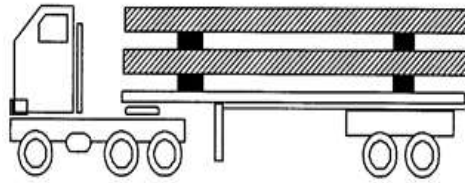
Komponen beton pracetak biasanya diangkut dengan system dua titik angkat untuk menghindari terjadinya tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi pekerjaan.

Sistem transportasi ada 2 macam, yaitu:

1. System Transportasi Horizontal terdiri dari 3 System, yaitu:

- a. *Typical two point support*

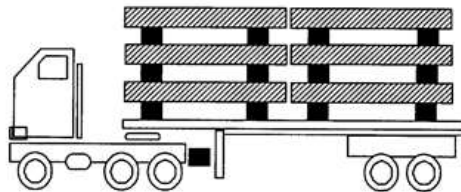
mentransportasikan komponen beton pracetak ke lokasi proyek digunakan flatbed truck dengan system *typical two point support*. Pelaksanaan pengangkutan dengan system ini adalah dengan memberikan alas berupa potongan kayu dibawah pelat slab di 2 (dua) tempat. Maksud pemberian alas ini adalah untuk menghindari terjadinya tegangan yang tidak diinginkan yang diakibatkan oleh fleksibilitas truk pada saat pengangkutan ke lokasi proyek.



**Gambar 2.17** *typical two point support*

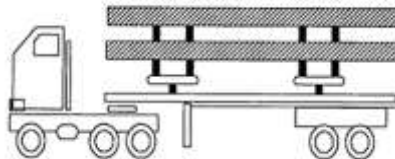
*b. Rocker System*

Sistem transportasi yang digunakan pada komponen beton pracetak yang memerlukan lebih dari dua titik angkat pada keperluan *erection*.



**Gambar 2.18** *Rocker System*

*c. Wall Panel Laid Flat*

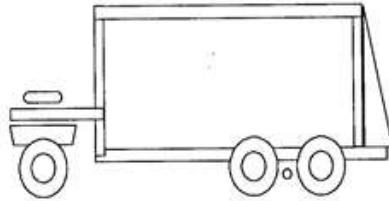


**Gambar 2.19** *Wall Panel Laid Flat*

2. Sistem Transportasi Vertikal

Terhadap jalur jalan yang direncanakan akan dilalui oleh truk pengangkut komponen beton pracetak harus dilakukan

pengecekan atas kemampuan daya dukung serta beban maksimum yang diizinkan. Hal serupa juga dilakukan terhadap jembatan-jembatan yang akan dilewati.



**Gambar 2.20** Sistem Transportasi Vertikal

### **2.6.3. Metode Erection**

#### **2.6.3.1. Umum**

Proses penyatuan komponen bangunan yang merupakan berupa beton pracetak yang telah diproduksi dan layak (cukup umur) untuk disatukan menjadi bagian dari bangunan disebut *erection*. Kegiatan ini merupakan salah satu factor kunci keberhasilan dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak. Pelaksana bangunan dapat kehilangan sebagai keuntungannya jika pelaksanaan *erection* komponen beton pracetak tidak efisien. Pemahaman mengenai masalah yang terjadi serta penanganannya harus benar-benar diperhitungkan secara matang agar tujuan utama penggunaan teknologi pracetak tercapai, yaitu dapat mereduksi waktu pelaksanaan pekerjaan serta biaya biaya konstruksi.

#### **2.6.3.2. Metode Erection**

Proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan bangunan yang utuh dipengaruhi oleh beberapa factor, antara lain:

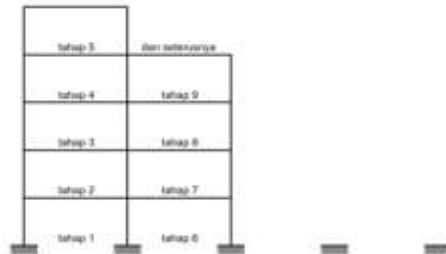
- a. Sistem struktur bangunan.
- b. Jenis alat sambung yang akan digunakan.
- c. Kapasitas angkat *crane* yang tersedia.

d. Kondisi lapangan.

Metode yang dapat digunakan dibedakan menjadi 2, yaitu:

### 1. Metode Vertikal

*Erection* dengan metode vertical adalah kegiatan penyatuan komponen beton pracetak yang dilaksanakan pada arah vertikal struktur bangunan yang mempunyai kolom menerus dari lantai dasar hingga lantai paling atas, yang dengan cara demikian maka sambungan-sambungan pada lantai di atasnya harus dapat segera bekerja secara efisien.



**Gambar 2.21** Metode erection arah vertikal

### 2. Metode Horizontal

Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses *erection* yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen kolom dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk pengerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah *in-situ concrete joint*.



**Gambar 2.22** Metode erection arah horizontal

### 2.6.3.3. Peralatan *Erection*

Peralatan yang dibutuhkan untuk menyatukan komponen beton pracetak tergantung dari tinggi bangunan yang akan dilaksanakan, yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu:

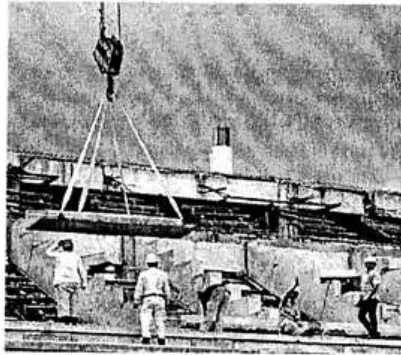
1. Bangunan tinggi dengan jumlah tingkat lebih dari 16 Lantai. Peralatan yang dapat digunakan adalah:
  - a. *Fixed tower crane*.
  - b. *Monorail system with Chicago boom*.
  - c. *Guy-derrick*.
2. Bangunan menengah dengan jumlah tingkat lima sampai dengan enambelas lantai, peralatan yang dapat digunakan adalah:
  - a. *Portable tower crane* atau *fixed tower crane*.
  - b. *Crawler crane* (140–200 ton).
  - c. *Rubber-tired truck crane* (125-140 ton).
3. Bangunan rendah dengan jumlah tingkat maksimum 4 (empat) lantai, peralatan yang dapat digunakan adalah:
  - a. *Rubber tired truck crane* (50-140 ton)
  - b. *Hydro* (sampai dengan 50 ton).

Peralatan *erection* dapat dikelompokkan berdasarkan kapasitas, kegunaan, serta kemampuannya dalam satu hari seperti pada **tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Pengelompokan peralatan *erection* kemampuan dalam satu hari.

Type of crane	Mobile Crane	Tower Crane	Climbing crane	Goliath Crane
Aplikasi	<i>One-off job</i>	Umum	<i>Point blocks Tower blocks</i>	<i>Slab blocks Great height Heavy loads</i>
Kapasitas angkat	30 ton	2-10 ton	2-10 ton	5-30 ton
Kemampuan memindahkan (buah/hari)	20-40	40-80	40-80	40-80

(Sumber: Tihamer Koncs, 1979)



**Gambar 2.23** Erection komponen pracetak  
(Sumber: Nilam Satrio, 2005)



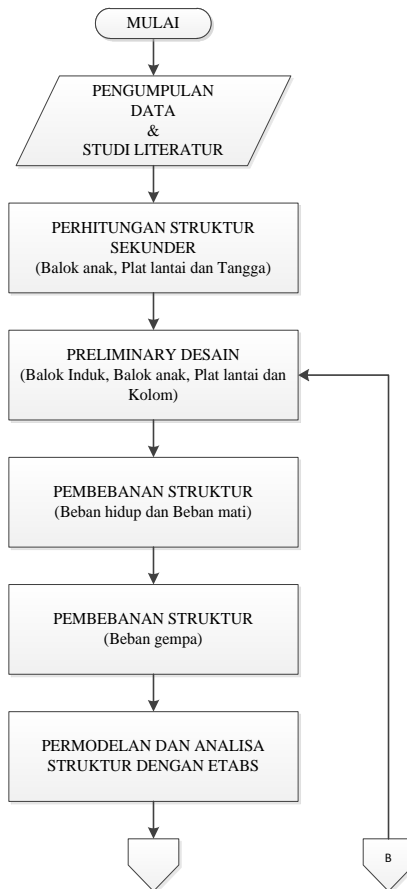
***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

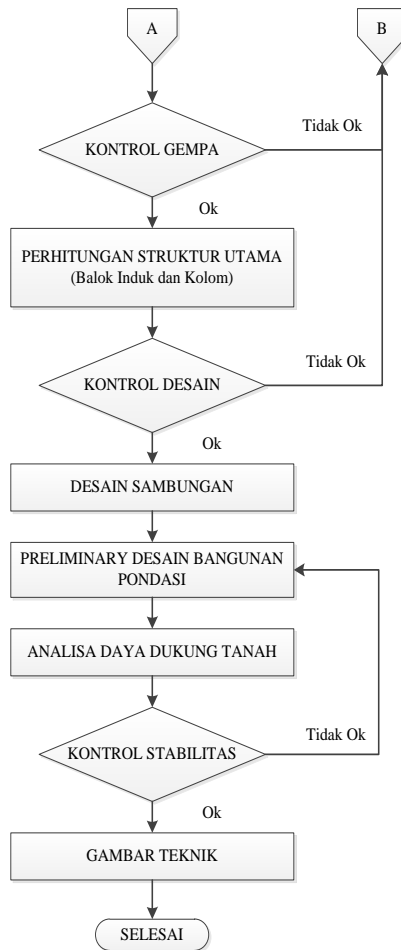
### BAB III

## METODOLOGI

Pada bab ini akan dibahas tahapan-tahapan yang akan digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut :

Diagram alir perencanaan :





### 3.1. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah data lapangan yang akan dipakai dalam perencanaan ini. Data tersebut berupa data tanah, bahan, dan data gedung yang akan digunakan sebagai objek

perencanaan seperti siteplan, denah bangunan, denah pemalokan, serta data-data lainnya yang diperlukan. Data-data yang akan dipakai dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Data Umum Bangunan
  - Nama Gedung : Gedung Hotel PrimeBiz Hotel
  - Lokasi Gedung : JL.Gayung Kebonsari, Kota Surabaya
  - Fungsi : Hotel
  - Jumlah Lantai :11 Lantai
  - Tinggi Bangunan : 43,10 m
  - Tinggi Lantai Dasar: 4,6 m
  - Tinggi Lantai 1-11 : 3,5 m
2. Data Bahan
  - Kuat Tekan Beton ( $f'_c$ ) : 35 MPa
  - Tegangan Leleh Baja ( $f_y$ ) : 400 MPa
  - Data Tanah :Seperti Terlampir.
3. Data Gambar
  - Gambar Sruktur (Terlampir)
  - Gambar arsitektur (Terlampir)

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak dan data bangunan yang direncanakan sebagai berikut :

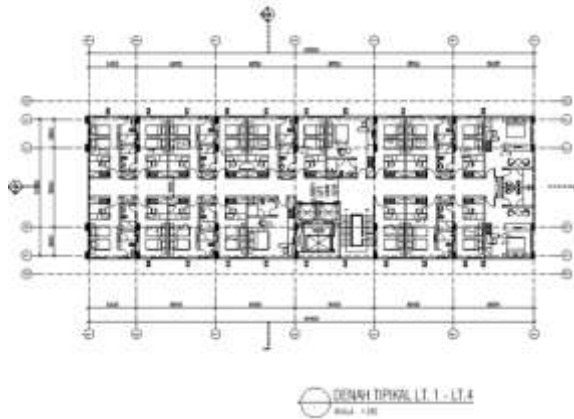
1. Data Umum Bangunan
  - Nama Gedung : Gedung Hotel PrimeBiz Hotel
  - Lokasi Gedung : Jalan Kenjeran , Kota Surabaya
  - Fungsi : Hotel
  - Jumlah Lantai :11 Lantai
  - Tinggi Bangunan : 43,10 m
  - Tinggi Lantai Dasar: 4,6 m
  - Tinggi Lantai 1-11 : 3,5 m

## 2. Data Bahan

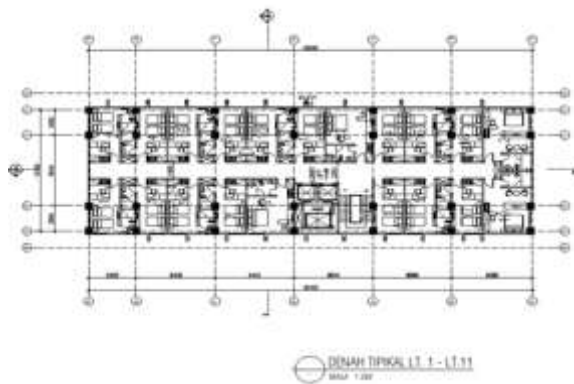
- Kuat Tekan Beton ( $f'_c$ ) : 35 MPa
- Tegangan Leleh Baja ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Data Tanah : Seperti Terlampir.

## 3. Data Gambar

- Gambar Sruktur (Terlampir)
- Gambar arsitektur (Terlampir)

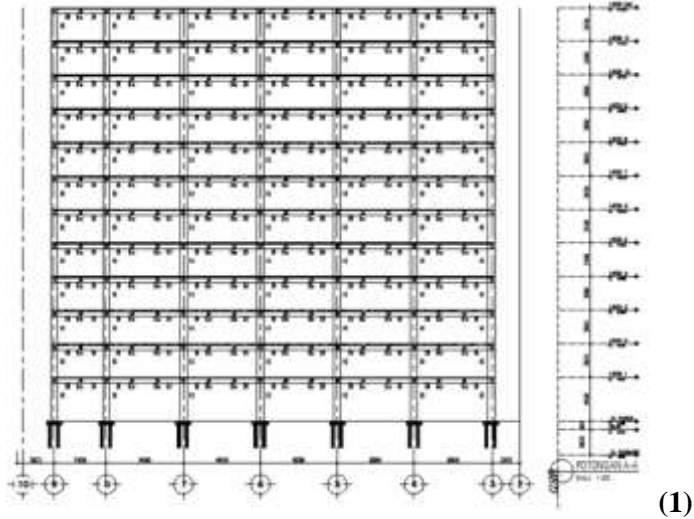


(1)

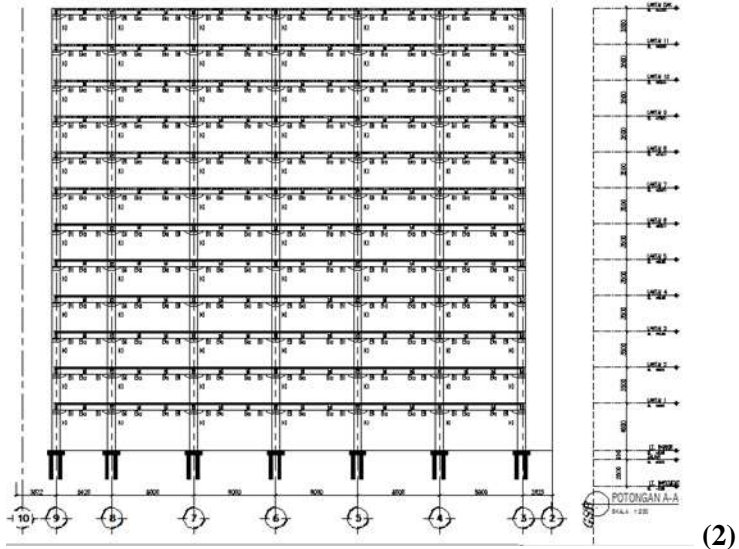


(2)

**Gambar 3.1** ( 1 ) Denah Sebelum di modifikasi dan (2) Denah Sesudah di modifikasi



(1)



(2)

**Gambar 3.2** ( 1 ) Potongan memanjang sebelum di modifikasi  
(2) Potongan memanjang sesudah di modifikasi.

### 3.2. Peraturan yang Digunakan

Peraturan-peraturan yang akan dipakai sebagai acuan dalam perencanaan ini antara lain :

1. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971.
2. SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
3. SNI 03-1726-2012 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
4. SNI 03-1727-2013 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung.
5. Pedoman Perancangan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung (PPIUG) 1983.
6. *PCI Design Handbook 5<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete.*

### 3.3. Preliminary Design Bangunan Atas

Pada preliminary design ini akan menentukan dimensi elemen struktur gedung untuk digunakan dalam tahap perancangan selanjutnya.

#### 3.3.1. Pengaturan Denah

Dalam pengaturan denah yang perlu mendapat perhatian adalah fungsi bangunan adalah fungsi bangunan dan peruntukan tata ruang.

#### 3.3.2. Penentuan Dimensi Elemen Struktur

##### 3.3.2.1. Dimensi Pelat dan Balok Anak

Dalam menentukan dimensi pelat langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan terlebih dahulu apakah pelat tergolong pelat satu arah (*One-way slab*) atau pelat dua arah (*two-way slab*).
2. Tebal minimum pelat satu arah (*One-way slab*)

menggunakan rumus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1 (table 9.5(a)). Sedangkan untuk pelat dua arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.1

3. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi :

- a) Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2
1. Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
  2. Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
- b) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{Ln \times \left[ 0.8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 5\beta[\alpha_m - 0.2]}$$

(SNI 03-2847-2013, persamaan 9-12)

- c) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{Ln \times \left[ 0.8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 9\beta[\alpha_m - 0.2]}$$

(SNI 03-2847-2013, persamaan 9-13)

$\beta$  = rasio dimensi panjang terhadap pendek

$\alpha_m$  = nilai rata - rata dari  $f$  untuk semua balok pada tepi dari suatu panel

### 3.3.2.2. Dimensi Balok Induk

Tabel minimum balok non-prategang apabila nilai lendutan tidak dihitung dapat dilihat pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.1 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa.



- $h_{min} = \frac{L}{16}$  digunakan apabila  $f_y = 420$  MPa
- $h_{min} = \frac{L}{16} \left( 0.4 + \frac{f_y}{700} \right)$  digunakan untuk  $f_y$  selain 420 MPa
- $h_{min} = \frac{L}{16} (1.65 - 0.003w_c)$  digunakan untuk nilai  $w_c$  1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>

### 3.3.2.3. Dimensi Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka factor reduksi  $\Phi = 0.65$ .

$$A = \frac{W}{\Phi \cdot f'_c}$$

Dimana,       $W$             = Beban aksial yang diterima kolom  
                   $f'_c$           = Kuat tekan beton karakteristik  
                   $A$             = Luas Penampang Kolom

### 3.4. Permodelan Struktur

Saat pemasangan dan akhir konstruksi (setelah diberi topping) balok dimodelkan sebagai balok sederhana di atas dua tumpuan. Pelat dimodelkan sebagai beban yang dipikul oleh elemen balok. Pada saat pemasangan distribusi beban adalah setengah dari kiri dan setengah dari kanan. Sedangkan pada akhir konstruksi distribusinya berupa beban segitiga ataupun trapesium.

### 3.5. Pembebanan Struktur Atas

Dalam melakukan analisa desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Perilaku suatu struktur sangat dipengaruhi oleh beban-beban yang bekerja padanya. Beban yang bekerja

pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan RSNI 03-1726-2012 dan ketentuan SNI 03-2847-2013.

### 1) **Beban Statis**

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada struktur dan juga yang diasosiasikan timbul secara perlahan-lahan, dan mempunyai karakter steady-states yaitu bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung 1983 adalah sebagai berikut.

#### a. **Beban Mati**

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi yang dapat dipindahkan. Beban mati yang digunakan pada perancangan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 ( PPIUG 1983 ) yang tertera pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Beban mati pada struktur

<b>Beban Mati</b>	<b>Besar Beban</b>
Beton Bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Dinding Pasangan ½ Bata	250 kg/m <sup>2</sup>
Ducting Ac + pipa	15 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit + penggantung	18 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ubin semen Portland	24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>

#### b. **Beban Hidup**

Beban hidup adalah beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau

bergerak. Secara umum beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, tetapi kadang – kadang dapat berarah horizontal. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dan banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban–beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati. Peraturan yang digunakan dalam perancangan beban hidup SNI 03-1727-2013 Tabel 4.1.

**Tabel 3.2** Beban hidup pada struktur

<b>Beban Hidup Lantai Bangunan</b>	<b>Besar Beban</b>
Lantai Hotel	192 kg/m <sup>2</sup>
Tangga dan Bordes	479 kg/m <sup>2</sup>
Beban Pekerja	100 kg/m <sup>2</sup>

## 2) Beban Gempa

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012) daerah Surabaya. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Perencanaan Beban Gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, dimana pengaruh pada struktur dibebankan langsung kepusat massa bangunan (*center of mass*). Gaya geser dasar akibat gempa diperoleh dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi sesuai dengan peraturan pembebanan yang ada. Analisa beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012 meliputi :

- Penentuan respon spektrum

Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 SNI-03-1726-2012

- Perhitungan koefisien respon gempa

Untuk penentuan respon spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $M_{CER}$ ) sesuai SNI 03-1726-2012 pasal 6.2 dan menurut tabel 4 dan tabel 5.

Sehingga diperoleh data  $S_s, S_1, F_a, F_v$

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

- Perhitungan percepatan spektral desain sesuai SNI 03-1726-2012 pasal 6.3

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS}$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1}$$

- Perhitungan spectrum respons desain harus dikembangkan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 6.4
- Periode waktu getar alami fundamental (T) ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2

$$T = T_a \times C_u$$

Dimana :

$T_a$  = Periode fundamental pendekatan

$$T_a = \frac{0,0062 h_n}{\sqrt{c_w}}$$

- Koefisien respon seismik ( $C_s$ ) ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Nilai  $C_s$  yang dihitung diatas tidak boleh melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)}$$

$C_s$  harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01$$

Untuk struktur yang berlokasi di  $S_1$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari

$$C_s = \frac{0,5.S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

- Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)  
 $V = C_s \times W_t$
- Kontrol simpang antar lantai (*Drift*) ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 melalui persamaan :

$$\delta_x = \frac{Cd.\delta_{xe}}{I}$$

Dimana :

$\delta_x$  = defleksi pada lantai ke -x

$Cd$  = faktor pembesaran defleksi tabel 2.8 SNI 1726-2012

$I$  = faktor keutamaan gedung

$R$  = faktor modifikasi respons = 5, Sistem penahan gaya gempa

Rangka beton bertulang momen menengah, tabel 9 Sistem Penahan Gaya Gempa SNI 1726-2012 pasal 7.2.2.

- Perhitungan kuat geser.  
 Perhitungan kuat geser dilakukan untuk mengecek kebutuhan dinding geser pada bangunan.

$$\tau = \frac{3V}{2A}$$

Dimana :

$\tau$  = tegangan geser yang terjadi pada kolom

$V$  = gaya geser yang bekerja pada kolom akibat beban

$A$  = luas penampang kolom sesuai dengan hasil preliminary desain

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \quad ; \quad V_c \geq \tau$$

Dimana :

$V_c$  = kuat geser yang disumbangkan beton

$N_u$  = beban aksial berfaktor yang diterima struktur

$A_g$  = luas kolom tanpa rongga

$f'_c$  = mutu beton dalam Mpa

- Eksentrisitas dan Torsi

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.4.1; pasal 7.8.4.2; dan pasal 7.8.4.3, terdapat dua jenis torsi yang terjadi, yaitu torsi bawaan dan torsi tak terduga. Jika gaya gempa diterapkan secara serentak dalam dua arah ortogonal, perpindahan pusat massa 5% yang diisyaratkan tidak perlu diterapkan dalam kedua arah ortogonal pada saat bersamaan, tetapi harus diterapkan dalam arah yang menghasilkan pengaruh lebih besar.

Untuk mengetahui ada tidaknya ketidakberaturan torsi pada suatu struktur dapat ditentukan dengan melihat defleksi maksimum ( $\delta_{max}$ ) dan defleksi rata-rata ( $\delta_{avg}$ ) pada struktur tersebut seperti pada Gambar 3.1. Berikut ini merupakan tipe dari ketidakberaturan torsi yang ditentukan berdasarkan defleksi maksimum ( $\delta_{max}$ ) dan defleksi rata-rata ( $\delta_{avg}$ ):

- a.  $\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg}$  : Tanpa ketidakberaturan torsi
- b.  $1,2 \delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1,4 \delta_{avg}$  : Ketidakberaturan torsi 1a
- c.  $\delta_{max} > 1,4 \delta_{avg}$  : Ketidakberaturan torsi 1b

Di dalam SNI 03-1726-2012, terdapat parameter pembesaran momen torsi tak terduga ( $A_x$ ). Struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C,D,E, atau F, di mana tipe 1a atau 1b ketidakberaturan torsi terjadi seperti didefinisikan pada Tabel 3.3 harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan dengan mengalikan  $M_{ta}$  di masing-masing tingkat dengan faktor pembesaran ( $A_x$ ) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.1 dan ditentukan dari persamaan berikut ini.

$$A_x = \left( \frac{\delta_{max}}{1,2 \delta_{avg}} \right)^2$$

Di mana:

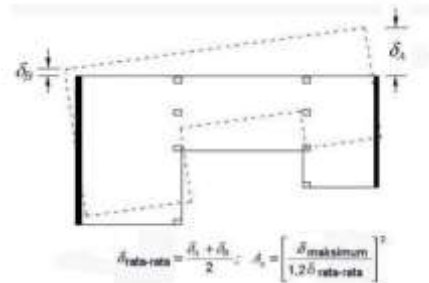
$\delta_{\max}$  = perpindahan maksimum di tingkat  $x$  (mm) yang dihitung dengan mengasumsikan  $A_x = 1$

$\delta_{\text{avg}}$  = rata-rata perpindahan di titik terjauh struktur di tingkat  $x$  yang dihitung dengan mengasumsikan  $A_x = 1$

Faktor pembesaran torsi  $A_x$  tidak diisyaratkan melebihi 3.

**Tabel 3.3** Ketidakberaturan horizontal pada struktur

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	<b>Ketidakberaturan torsi</b> didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragma kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel13 12.2.2	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b.	<b>Ketidakberaturan torsi berlebihan</b> didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragma kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel13 12.2.2	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2.	<b>Ketidakberaturan sudut dalam</b> didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan.	7.3.3.4 Tabel13	D, E, dan F D, E, dan F
3.	<b>Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma</b> didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 persen daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 persen dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	7.3.3.4 Tabel13	D, E, dan F D, E, dan F
4.	<b>Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang</b> didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel13 12.2.2	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5.	<b>Ketidakberaturan sistem nonparalel</b> didefinisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem penahan gaya gempa.	7.5.3 7.7.3 Tabel13 12.2.2	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F



**Gambar 3.3** Faktor Pembesaran Torsi,  $\theta_A$

### 3) Beban Angin (*Wind Load/WL*)

a. Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 :

- Untuk struktur rangka ruang dengan penampang melintang berbentuk bujursangkar dengan arah angin  $45^\circ$  terhadap
- bidang-bidang rangka, koefisien angin untuk kedua bidang
- rangka di pihak angin masing-masing 0,65 (tekan) dan untuk kedua rangka di belakang angin masing-masing 0,5 (isap).
- Kecuali itu, masing-masing rangka harus diperhitungkan terhadap beban angin yang bekerja dengan arah tegak lurus pada salah satu bidang rangka, koefisien angin untuk rangka pertama di pihak angin adalah 1,6 (tekan) dan untuk rangka kedua di belakang angin adalah 1,2 (isap)
- Untuk atap segitiga majemuk, untuk bidang-bidang atap di pihak angin dengan  $\alpha < 65^\circ$  koefisien  $0,2\alpha - 0,4$  (tekan), dan untuk semua bidang atap di belakang angin untuk semua  $\alpha$  adalah 0,4 (isap)
- Tekanan tiup (beban angin) di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum  $40 \text{ kg/m}^2$



### 3.5.1. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1

- 1)  $U = 1,4 D$
- 2)  $U = 1,2 D + 1,6 L$
- 3)  $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- 4)  $U = 1,0 D + 1,0 L$
- 5)  $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan :

U : beban ultimate

D : beban mati

L : beban hidup

E : beban gempa

## 3.6. Analisa Struktur

### 3.6.1. Perhitungan Gaya Dalam

Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan bantuan program ETABS. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain :

- Bentuk Gedung
- Dimensi elemen-elemen struktur dari preliminary design
- Wilayah gempa
- Pembebanan struktur dan kombinasi pembebanan

## 3.7. Perencanaan Struktur Sekunder

Direncanakan terpisah dalam perencanaannya, karena struktur sekunder hanya meneruskan beban ke struktur utama.

### 3.7.1. Perencanaan Tulangan Tangga

Perencanaan tangga didesain dengan mengasumsikan perletakan yang digunakan adalah sendi-rol. Syarat perencanaan tangga harus memenuhi syarat berikut ini :

- $64 \leq 2.t + i \leq 65$
- Syarat kemiringan tangga  $20 \leq \alpha \leq 40$

Dimana :

i = Lebar injakan

t = Tinggi tanjakan

$\alpha$  = Kemiringan tangga

### **3.7.2. Perencanaan Tulangan Balok Anak**

Beban pelat yang diteruskan ke balok anak dihitung sebagai beban trapesium, segitiga dan dua segitiga. Beban ekivalen ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam yang terjadi di balok anak untuk menentukan tulangan lentur dan geser (perhitungan tulangan longitudinal sama dengan pelat).

### **3.7.3. Perencanaan Struktur Atap**

Konstruksi atap direncanakan berfungsi sebagai pelindung komponen yang ada dibawahnya dalam hal ini melindungi mesin elevator. Atap direncanakan hanya sebagai beban bagi konstruksi utama sehingga dalam perhitungannya dilakukan secara terpisah.

### **3.7.4. Perencanaan Lift**

Lift merupakan alat transportasi manusia dalam gedung dan satu tingkat ke tingkat lain. Perencanaan lift disesuaikan dengan pemikiran jumlah lantai dan perkiraan jumlah pengguna lift. Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift.

Ruang landasan diberi kelonggaran (lift pit) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak menumbuk dasar landasan, disamping berfungsi pula menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya tali putus. Perencanaan ini mencakup perencanaan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung lift.

### 3.8. Perencanaan Struktur Utama

Perhitungan perencanaan struktur utama dilakukan setelah perhitungan untuk elemen sekunder beserta gaya-gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisa struktur, selanjutnya pendetailan elemen-elemen struktur utama. Perencanaan struktur ini meliputi perencanaan penulangan lentur dan perencanaan penulangan geser.

#### 3.8.1. Pelat

##### 3.8.1.1. Pehitungan Tulangan Geser

Sedangkan untuk perhitungan kebutuhan tulangan geser, dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Hitung  $V_u$  pada titik berjarak  $d$  dari ujung perletakan
- 2) Cek  $V_u \leq \Phi(V_c + \frac{2}{3}\sqrt{f'_c}.bw.d)$
- 3) Bila tidak memenuhi maka perbesaran penampang
  - $V_u \leq 0.5 \Phi V_c$  Tidak perlu penguatan geser
  - $0.5 \Phi V_c < V_u < \Phi V_c$  dipakai tulangan geser minimum
  - $\Phi V_c < V_u < \Phi (V_c + V_{s \min})$  diperlukan tulangan geser
  - $\Phi (V_c + V_{s \min}) < V_u$   $\Phi(V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f'_c}.bw.d)$  perlu tulangan geser

dimana :

- $V_c = \frac{1}{3}\sqrt{f'_c}.bw.d$
- $V_s = \sqrt{\frac{f'_c}{3}}.bw.d$
- $\Phi = 0.6$  (untuk geser)

Keterangan :

$V_c$  = Kekuatan geser Nominal yang diakibatkan oleh Beton

$V_s$  = Kekuatan geser Nominal yang diakibatkan oleh Tulangan

geser

$V_n$  = Kekuatan geser Nominal ( $V_c + V_s$ )

$V_u$  = Gaya geser Berfaktor

4) Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.4 :

Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang panjang komponen struktur.

### **3.8.1.2. Pehitungan Tulangan Susut**

Kebutuhan tulangan susut di atur dalam SNI 03-28472013 Pasal 7.12.2.1

### **3.8.1.3. Kontrol Retak Tulangan**

Untuk menghindari retak-retak beton di sekitar baja tulangan, maka penggunaan tulangan lentur dengan kuat leleh melebihi 300 MPa perlu dilakukan kontrol terhadap retak sesuai SNI 03-2847-2013, Pasal 10.6.4. dengan :

$$Z = F_s \sqrt[3]{dcA} \quad (\text{SNI 03-2847-2013, Pasal 10.6.4})$$

$Z \leq 30.000 \text{ N mm}$  untuk penampang dalam ruangan,

$Z \leq 25.000 \text{ N mm}$  untuk di ruangan,

$f_s$  = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada kondisi beban kerja, boleh diambil sebesar  $0,60 f_y$  (MPa)

$d_c$  = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat (mm)

$A$  = Luas efektif beton tarik di sekitar tulangan lentur tarik dibagi dengan jumlah  $n$  batang tulangan atau kawat ( $\text{mm}^2$ )

## **3.8.2. Perencanaan Tulangan Balok**

### **3.8.2.1. Perhitungan Tulangan Lentur Balok**

Balok merupakan komponen struktur yang terkena

beban lentur. Tata cara perhitungan penulangan lentur untuk komponen balok dapat dilihat pada diagram alir (Gambar 3.2) dan harus memenuhi ketentuan SRPMM yang tercantum dalam SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.2.

### 3.8.2.2. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 03-2847-2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi  $\Phi V_n \geq V_u$ , dimana:

$V_n$  = kuat geser nominal penampang

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

$\Phi$  = reduksi kekuatan untuk geser = 0,75 (SNI 03-2847-2013, Pasal 9.3)

Kuat geser nominal dari penampang merupakan sumbangan kuat geser beton ( $V_c$ ) dan tulangan ( $V_s$ )

$$V_n = V_c + V_s$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-2)

$$\text{Dan untuk } V_c = 0.17 \alpha \sqrt{f'_c} . b w . d$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11-3)

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$$\Phi V_n \geq V_u \text{ (SNI 03-2847-2002, Pasal 11.1)}$$

Dimana :

$V_u$  = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_n$  = Kuat geser nominal

$V_c$  = Kuat geser beton

$V_s$  = Kuat geser nominal tulangan geser

### 3.8.2.3. Kontrol Torsi

Pengaruh torsi harus diperhitungkan apabila :

$$T_u \leq \frac{\Phi \sqrt{f'_c}}{12} \left( \frac{A_c p^2}{P_c p^2} \right)$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.5.1)

Perencanaan penampang terhadap

torsi :  $T_u \leq \Phi T_n$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.5.3.5 pers.11-20)

Tulangan sengkang untuk puntir :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_f \cdot f_y}{s} \cot \theta$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.5.3.6 pers.11-21) Dimana :

$T_u$  = Momen torsi terfaktor

$T_n$  = Kuat momen torsi

$T_c$  = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton

$T_s$  = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

$A_o$  = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser  $\text{mm}^2$

### 3.8.3. Perencanaan Tulangan Kolom

Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5.1. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser harus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 23.5.1

### 3.9. Perencanaan Sambungan

Kelemahan konstruksi pracetak adalah terletak pada sambungan yang relatif kurang kaku atau monolit, sehingga lemah terhadap beban lateral khususnya dalam menahan beban gempa, mengingat Indonesia merupakan daerah dengan intensitas gempa yang cukup besar. Untuk itu sambungan antara elemen balok pracetak dengan kolom maupun dengan plat

pracetak direncanakan supaya memiliki kekakuan seperti beton monolit (*cast in place emulation*).

Dengan metode konstruksi semi pracetak, yaitu elemen pracetak dengan tuangan beton cast in place di atasnya, maka diharapkan sambungan elemen-elemen tersebut memiliki perilaku yang mendekati sama dengan struktur monolit. Untuk menjamin kekakuan dan kekuatan pada detail sambungan ini memang butuh penelitian mengenai perilaku sambungan tersebut terhadap beban gempa. Berdasarkan beberapa referensi hasil penelitian yang dimuat dalam PCI Journal, ada rekomendasi pendetailan sambungan elemen pracetak dibuat dalam kondisi daktail sesuai dengan konsep desain kapasitas strong column weak beam.

Dalam perencanaan sambungan pracetak, gaya – gaya disalurkan dengan cara menggunakan sambungan grouting, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat, atau kombinasi cara – cara tersebut. Dalam penulisan tugas akhir ini digunakan sambungan dengan pelapisan beton bertulang cor setempat.

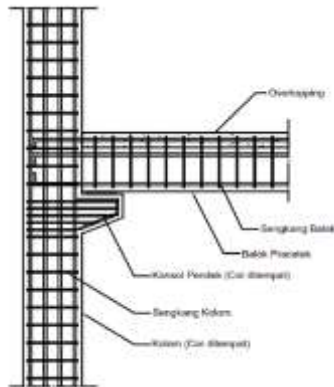
### **3.9.1. Perencanaan Sambungan pada Balok dan Kolom**

Sambungan antara balok pracetak dengan kolom harus bersifat kaku atau monolit. Oleh sebab itu pada sambungan elemen pracetak ini harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memiliki kekakuan yang sama dengan beton cor di tempat. Untuk menghasilkan sambungan dengan kekakuan yang relatif sama dengan beton cor di tempat, dapat dilakukan beberapa hal berikut ini:

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (topping), dimana permukaan balok pracetak dan kolom dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan diberikan dalam SNI 03- 2847-2013 pasal 7.13, yaitu tulangan menerus atau pemberian kait standar pada

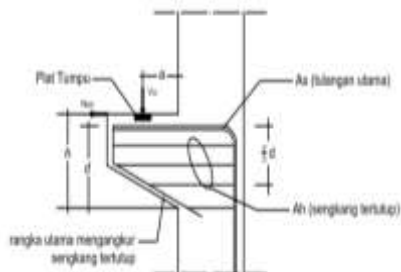
sambungan ujung.

- Pemasangan dowel dan pemberian grouting pada tumpuan atau bidang kontak antara balok pracetak dan kolom untuk mengantisipasi gaya lateral yang bekerja pada struktur.



**Gambar 3.4** Sambungan balok dengan kolom

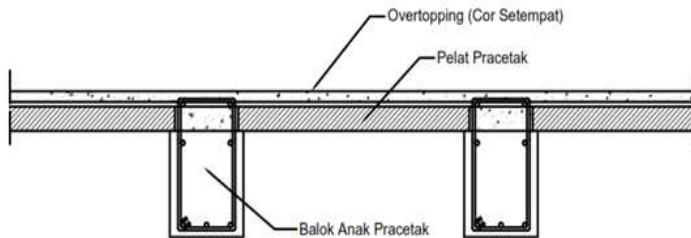
Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.



**Gambar 3.5** Parameter geometri konsol pendek







**Gambar 3.7** Sambungan Balok dengan Pelat

### 3.9.3. Perencanaan Sambungan Balok dengan Pelat

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada plat pracetak tersalurkan pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (topping), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam SNI 03-2847-2013 pasal 7.13.
- *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antara plat pracetak dengan balok pracetak.

## 3.10. Design Bangunan Bawah

### 3.10.1. Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

- Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut
- Besarnya beban dan beratnya bangunan atas

- Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan
- Biaya pondasi dibandingkan biaya bangunan atas

Pemakaian tiang pancang digunakan untuk pondasi suatu bangunan bila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya atau bila tanah keras yang mampu memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam. Struktur pondasi direncanakan dengan menggunakan pondasi dalam, yaitu tiang pancang. Perhitungan kekuatan pondasi berdasarkan data tanah yang didapat dari tes sondir.

Nilai Konus diambil 4 D keatas & 4 D kebawah

$$P_{ijin\ tiang} = \frac{A\ tiang \times Cn}{Sf1} + \frac{JHP \times Q}{Sf2}$$

$$Sf1 = (2 - 3) \quad Sf2 = (5 - 8)$$

➤ Jumlah tiang pancang yang diperlukan:

$$n = \frac{\sum Pu}{P_{ijin}}$$

$$S \geq \frac{1.57(D)_{min} - 2D}{m + n - 2}$$

$$Efisiensi\ tiang\ (n) = 1 - \phi \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n}$$

$$\text{Dengan } \phi = \arctg \left( \frac{D}{S} \right)$$

$$P_{max} = \frac{\sum Pu}{n} + \frac{M_y \times X_{max}}{\sum x^2} + \frac{M_y \times Y_{max}}{\sum y^2}$$

$$P_{ult} = Efisiensi\ tiang \times P_u\ 1\ tiang\ berdiri$$

➤ **Kontrol Kekuatan Tiang**

$$P_{ult} \geq P_{perlu}$$

$$P_{perlu} = P_{pmaks}$$

➤ **Kontrol Geser Ponds Pada Poer :**

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil dari :

$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \rho \sqrt{f'_{cbod}}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.12.1(a)

$$V_c = 0.083 \left( \frac{a_{sd}}{b_o} + 2 \right) \rho \sqrt{f'_{cbod}}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.12.1(b)

$$V_c = 0.33 \rho \sqrt{f'_{cbod}}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.12.1(c)

Dimana :

$\beta$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

$b_o$  = keliling pada penampang kritis pada poer

$$= 2(b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d)$$

$A_s$  30 → untuk kolom tepi

40 → untuk kolom tengah

20 → untuk kolom pojok

$\phi V_c > P_u$ .....OK (Ketebalan dan ukuran poe memenuhi syarat terhadap geser)

### **3.11. Gambar Teknik**

Hasil dari perhitungan struktur di atas di tuangkan dalam gambar teknik. Untuk mempermudah dalam penggambaran, maka dalam perencanaan ini akan menggunakan AutoCAD 2012 sebagai program bantu.

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PERHITUNGAN**

#### **4.1. Preliminary Desain**

##### **4.1.1. Data Perencanaan**

Dalam perhitungan preliminary desain perlu diketahui dahulu data-data perencanaan dan beban-beban yang akan diterima oleh struktur gedung. Perencanaan gedung hotel PrimeBiz Hotel dimodifikasi menggunakan beton pracetak dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Lokasi Gedung :Jalan Kenjeran, Kota Surabaya
- Fungsi :Hotel
- Jumlah Lantai :11 Lantai
- Tinggi Lantai Dasar :4,6 m
- Tinggi Lantai 1-11 :3,5 m
- Tinggi Banguna :43,10 m
- Kuat Tekan Beton ( $f'_c$ ) :35 MPa
- Tegangan Leleh Baja ( $f_y$ ) :400 MPa

##### **4.1.2. Pembebanan**

###### **1. Beban Statis**

###### **❖ Beban Mati**

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Tegel : 24 kg/m<sup>2</sup>
- Dinding ½ bata : 250 kg/m<sup>2</sup>
- Plafond : 11 kg/m<sup>2</sup>
- Penggantung : 7 kg/m<sup>2</sup>
- Plumbing+duckting : 25 kg/m<sup>2</sup>
- Spesi : 21 kg/m<sup>2</sup>

###### **❖ Beban Hidup**

- Lantai Hotel : 192 kg/m<sup>2</sup>
- Tangga dan bordes : 479 kg/m<sup>2</sup>

- Beban Pekerja : 100 kg/m<sup>2</sup>
- 2. Beban Angin
- 3. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 03-1726-2012.

#### 4.1.3. Perencanaan Dimensi Balok

Modifikasi pada tugas akhir ini menggunakan balok dengan penampang berbentuk persegi (rectangular beam). Perencanaan balok dilakukan dalam dua tahap dimana tahap pertama balok pracetak dibuat dengan system fabrikasi yang kemudian tahap kedua dilakukan penyambungan dengan menggunakan sambungan basah. Pada tahap kedua balok dipasang dengan pengangkatan ke site lalu dilakukan over-topping (cor in site) setelah sebelumnya dipasang terlebih dahulu pelat pracetak. Dengan sistem tersebut maka akan terbentuk sturktur yang monolit.

Dimensi balok, untuk hmin balok:

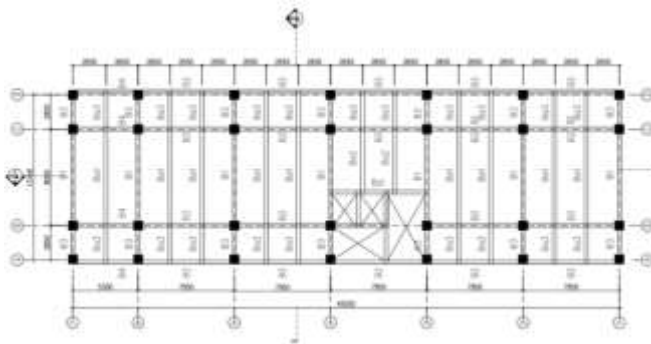
$$h_{\min} = \frac{1}{12} L_b$$

Untuk lebar balok diambil 2/3 dari tinggi balok :

$$b = \frac{2}{3} h$$

Dimana :

- b = lebar balok
- h = tinggi balok
- L<sub>b</sub> = lebar kotor dari balok
- F<sub>y</sub> = mutu baja tulangan



**Gambar 4.1** Denah Pembalokan

#### 4.1.3.1. Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu beton 35 MPa dan mutu baja 400 MPa sehingga digunakan :

- ❖ Balok Induk memanjang :  $L = 7,95$  meter

$$h_{\min} = \frac{1}{12} \times 795 \text{ cm} = 66,25 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 66,25 \text{ cm digunakan } h_{\min} = 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 44,17 \text{ cm} = \text{cm} \approx 55 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi balok induk memanjang dengan dimensi 55/70.

- ❖ Balok Induk melintang :  $L = 8,00$  meter

$$h_{\min} = \frac{1}{12} \times 800 \text{ cm} = 66,67 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 66,67 \text{ cm digunakan } h_{\min} = 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 66,67 \text{ cm} = 44,44 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$



- Maka direncanakan dimensi balok induk memanjang dengan dimensi 55/70.

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Kode balok induk	Bentang bersih (lb) (cm)	$h_{\min}$ (cm)	b (cm)	$h_{\text{pakai}}$ (cm)	$b_{\text{pakai}}$ (cm)	Dimensi (cm)
B1	800	66,67	44,44	70	55	55/70
B2	795	66,25	44,17	70	55	55/70
B3	285	23,75	23,75	70	55	55/70
B4	530	45,00	30,00	70	55	55/70

*Sumber : Perhitungan*

#### 4.1.3.2. Dimensi Balok Anak

Dimensi balok anak direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu beton 35 MPa dan mutu baja 400 MPa. Dimensi balok anak, untuk  $h_{\min}$ :

$$h_{\min} = \frac{1}{12}L_b$$

Untuk lebar balok diambil 2/3 dari tinggi balok :

$$b = \frac{2}{3}h$$

Dimana :

b = lebar balok

h = tinggi balok

$L_b$  = lebar kotor dari balok

$f_y$  = mutu baja tulangan

Jadi dimensi balok anak adalah :

- ❖ Balok Anak melintang :  $L = 8,00$  meter

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 800 \text{ cm} = 50,00 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 50,00 \text{ cm digunakan } h_{\min} = 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 50,00 \text{ cm} = 33,33 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi balok induk memanjang dengan dimensi 30/50.

**Tabel 4.2** Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Kode balok induk	Bentang bersih (lb) (cm)	$h_{\min}$ (cm)	b (cm)	$h_{\text{pakai}}$ (cm)	$b_{\text{pakai}}$ (cm)	Dimensi (cm)
<b>BA1</b>	800	50,00	33,33	50	30	30/50
<b>BA2</b>	560	35,00	23,33	50	30	30/50
<b>BA3</b>	285	17,81	11,88	50	30	30/50

#### 4.1.4. Perencanaan Tebal Pelat

##### 4.1.4.1. Peraturan Perencanaan Pelat

Peraturan penentuan tebal pelat minimum untuk satu arah dan dua arah menggunakan persyaratan pada SNI 03-2847-2013. Untuk memenuhi syarat lendutan, tebal pelat minimum satu arah harus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5 tabel 9.5 (a) seperti :

##### 4.1.4.2. Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai dan Atap

Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dengan 3 tipe pelat yang memiliki ukuran yaitu :

- Pelat tipe A :  $400 \times 265 \text{ cm}$

- Pelat tipe B :  $300 \times 265$  cm
- Pelat tipe C :  $285 \times 265$  cm

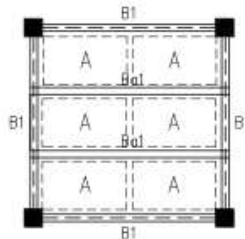
Ketiga tipe pelat tersebut direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Mutu beton : 35 MPa

Mutu baja : 400 MPa

Untuk perencanaan tebal pelat diambil pelat dengan dimensi terluas dengan tebal sebesar 12 cm.

Dalam perencanaan ini, pelat berupa pelat pracetak yang kemudian pada saat pemasangan elemen pracetak tersebut dilanjutkan dengan pekerjaan overtopping. Denah pelat yang akan direncanakan disajikan dalam gambar 4.2 berikut ini :



**Gambar 4.2** Tipe pelat A

Dalam perencanaan ini tipe pelat A dengan dimensi yang paling besar yaitu  $400 \times 265$  cm digunakan sebagai contoh perhitungan dimensi tebal pelat sehingga nilai  $L_n$  dan  $S_n$  yaitu :

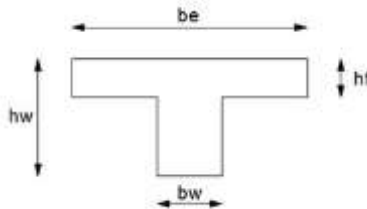
$$L_n = 400 - \left(\frac{55}{2}\right) = 372,5 \text{ cm}$$

$$S_n = 265 - \left(\frac{55}{2} + \frac{30}{2}\right) = 222,5 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{372,5}{222,5} = 1,67$$

Untuk nilai  $\beta < 2$  tergolong pelat dua arah maka perhitungan lebar sayap efektif adalah

- a. Untuk pelat yang dijepit pada balok 55/70 dan balok anak 30/50 dengan bentang sepanjang 800 cm



Balok 55/70

$$\begin{aligned} be &= bw + 2 (hw - hf) \\ &= 55 + 2 (70 - 12) \\ &= 171 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be &= bw + 8 \times hf \\ &= 55 + 8 \times 12 \\ &= 151 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka dipakai  $be = 136 \text{ cm}$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 55 \times 70^3$$

$$I_{\text{balok}} = 1572083,33 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{pelat}} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$= 700 \times \frac{12^3}{12}$$

$$= 100800,00 \text{ cm}^4$$

$$a = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{1572083,33}{100800,00} = 15,60 > 2$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5 :

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{L (0.8 + f_y/1400)}{36 + 9\beta} \\ &= \frac{372,5 (0,8 + 400/1400)}{36 + 9(1,67)} \\ &= 7,93 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tebal pelat yang direncanakan 12 cm telah memenuhi syarat perincian elemen yang merupakan pelat pracetak adalah :

- Untuk Lantai 1 – 11

Tebal pelat pracetak = 6,5 cm

Tebal overtopping = 5,5 cm

- Untuk Atap

Tebal pelat pracetak = 6,5 cm

Tebal overtopping = 5,5 cm

**Tabel 4.3** Rekapitulasi Dimensi Pelat

Tipe pelat	P	L	Dimensi balok tepi pelat			Ln	Sn	$\beta$	ket	hmin	hpakai
	(cm)	(cm)	P1	P2	P3	(cm)	(cm)				(cm)
A	400	265	55/70	55/70	30/50	372,5	222,5	1,67	2 arah	7,93	12
B	300	265	55/70	55/70	30/50	272,5	222,5	1,23	2 arah	6,29	12
C	285	265	55/70	55/70	30/50	257,5	222,5	1,16	2 arah	6,02	12

#### 4.1.5. Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang tinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar, yaitu kolom yang memikul bentang 800 x 800 cm.

Kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Data- data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

- Tebal pelat = 12 cm = 120 mm
- Tinggi lantai Dasar = 4,6 m
- Tinggi tiap lantai 1-11 = 3,5 m
- Dimensi balok induk = 55/70
- Dimensi balok anak = 30/50

##### A. Beban mati lantai 1-11

Beban mati yang diterima oleh kolom adalah sebagai berikut :

- a. Pelat =  $7,95 \times 8,0 \times 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 12 \text{ tk}$   
= 221184,0 kg

Balok induk

- b. Melintang =  $8,0 \times 0,55 \times 0,7 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 12 \text{ tk}$   
= 88704,0 kg
- c. Memanjang =  $8,0 \times 0,55 \times 0,7 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 12 \text{ tk}$   
= 88704,0 kg
- d. Balok anak =  $8,0 \times 0,3 \times 0,5 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 12 \text{ tk}$   
= 34560,0 kg
- e. Plafond =  $7,95 \times 8,0 \times 11 \text{ kg/m}^2 \times 12 \text{ tk}$   
= 8448,0 kg
- f. Penggantung =  $7,95 \times 8,0 \times 7 \text{ kg/m}^2 \times 12 \text{ tk}$   
= 5376,0 kg

$$\begin{aligned} \text{Ubin (t=2cm)} &= 7,95 \times 8,0 \times 0,2 \times 24 \text{ kg/m}^2 \times 12 \text{ tk} \\ &= 3686,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- g. Spesi ( $t=2\text{cm}$ )  $= 7,95 \times 8,0 \times 0,2 \times 21 \text{ kg/m}^2 \times 12 \text{ tk}$   
 $= 3225,6 \text{ kg}$
- h. Dinding bata  $= 7,95 \times 8,0 \times 250 \text{ kg/m}^3 \times 12 \text{ tk}$   
 $= 192000,0 \text{ kg}$
- i. Ducting Ac + pipa  $= 7,95 \times 8,0 \times 15 \text{ kg/m}^2 \times 12 \text{ tk}$   
 $= 2304,0 \text{ kg}$
- j. Berat Total (DL)  $= 648192,0 \text{ kg}$

#### B. Beban hidup

$$\begin{aligned} \text{Beban atap} &= 7,95 \times 8,0 \times 192 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ tk} = 12288,0 \text{ kg} \\ \text{Beban lantai} &= 7,95 \times 8,0 \times 192 \text{ kg/m}^2 \times 11 \text{ tk} = 135168,0 \text{ kg} \\ \text{Berat Total (LL)} &= 147456,0 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi berat total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (648192,0) + 1,6 (147456,0) \\ &= 884582,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi  $\phi=0.65$ ).

$$\text{Mutu beton} = 35 \text{ MPa} = 35 \times 10 = 350 \text{ kg/cm}^2$$

Rencana Awal =

$$A = \frac{W}{\Phi f'c} = \frac{884582,4}{0,65 \times 350} = 3888,27 \text{ cm}^2$$

$$\text{Misalkan } b=h, \text{ maka } b^2 = 3888,27 \text{ cm}^2$$

$$b = 62,36 \text{ cm} \approx 75 \text{ cm}$$

Agar lebih efisien maka dimensi kolom :

- ❖ Lantai Dasar – lantai 6  $= 75 \times 75 \text{ cm}$
- ❖ Lantai 7 – lantai 11  $= 65 \times 65 \text{ cm}$

## 4.2. Perencanaan Struktur Sekunder

### 4.2.1. Permodelan dan Analisa Struktur Pelat

Desain Pelat direncanakan pada beberapa keadaan, yaitu:

#### 1. Sebelum Komposit

Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban. Perletakan pelat dapat dianggap sebagai perletakan bebas.

#### 2. Sesudah Komposit

Keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. perletakan pelat dianggap sebagai perletakan terjepit elastis.

Pada dasarnya, permodelan pelat terutama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit adalah untuk perhitungan tulangan pelat. Pada saat sebelum komposit yaitu kondisi ketika pemasangan awal pelat, pelat diasumsikan tertumpu pada dua tumpuan. Sedangkan pada saat setelah komposit, perletakan pelat diasumsikan sebagai perletakan terjepit elastis.

Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada dua keadaan diatas. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.

#### 4.2.1.1. Data Perencanaan

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan pelat

- Tebal pelat = 65 mm (sebelum komposit)
- Tebal topping = 55 mm



- Tebal decking = 20 mm
- Mutu beton ( $f'c$ ) = 35 MPa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Diameter tulangan rencana = 13 mm

#### 4.2.1.2. Pembebanan Pelat Lantai

##### 4.2.1.2.1 Sebelum komposit

Dalam pembebanan sebelum komposit akan diperhitungkan dua keadaan yaitu :

1. Berat orang yang bekerja dan peralatannya saat pemasangan pelat pracetak ataupun saat pengecoran topping dianggap sebagai beban kerja dan berat topping.
2. Topping telah terpasang tapi belum berkomposit dengan pelat pracetak, sehingga yang terjadi hanya beban topping saja.

- Beban mati (DL)
 

Berat sendiri	$= 0,065 \times 2400$	$= 156 \text{ kg/m}^2$	
Berat topping	$= 0,055 \times 2400$	$= 132 \text{ kg/m}^2$	+
	<b>D</b>		$= 288 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup (LL)
 

Beban hidup pekerja= LL	$= 100 \text{ kg/m}^2$
-------------------------	------------------------

##### 4.2.1.2.2 Setelah komposit

- Beban mati (DL)
 

Berat sendiri	$= 0,12 \times 2400$	$= 288 \text{ kg/m}^2$	
Plafon+penggantung	$= 11 + 7 \text{ kg/m}^2$	$= 18 \text{ kg/m}^2$	
Ubin ( $t = 2 \text{ cm}$ )	$= 0,02 \times 2400$	$= 48 \text{ kg/m}^2$	
Spesi ( $t = 2 \text{ cm}$ )	$= 0,02 \times 2100$	$= 42 \text{ kg/m}^2$	
Ducting AC + pipa	$= 10 + 5 \text{ kg/m}^2$	$= 15 \text{ kg/m}^2$	+
	<b>DL</b>		$= 411 \text{ kg/m}^2$

- Beban hidup (LL)

$$K_{LL} = 1 \text{ (SNI 1727:2013, Tabel 4.2)}$$

$$\text{Luas Tributary (A}_T\text{)} = 7,95 \times 8,00 \text{ m} = 63,60 \text{ m}^2$$

$$K_{LL} \times A_T = 1 \times 63,60 \text{ m}^2 = 63,60 \text{ m}^2 > 37,16 \text{ m}^2$$

Maka, Beban hidup perlu direduksi

$$\text{Beban kerja (Lo)} = 192 \text{ kg/m}^2$$

(SNI 1727:2013, Tabel 4.1)

$$L = Lo \left( 0,25 \times \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right) \text{ (4.7.1)}$$

$$L = 192 \left( 0,25 \times \frac{4,57}{\sqrt{1 \times 63,60}} \right)$$

$$L = 157,68 \text{ kg/m}^2$$

Dimana :

L = beban hidup rencana tereduksi per ft<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur.

Lo = beban hidup rencana tanpa reduksi per ft<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur (lihat Tabel 4.1).

$K_{LL}$  = factor elemen beban hidup (lihat Tabel 4.2).

$A_T$  = luas tributary dalam ft<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>).

#### 4.2.1.2.3 Kombinasi Pembebanan Pelat

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1 didapatkan :

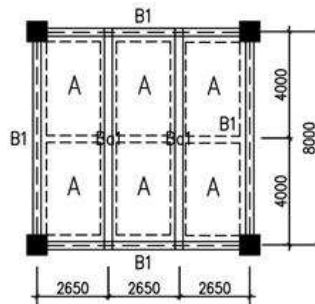
$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

Berikut adalah perhitungan kombinasi pembebanan **pelat lantai**:

- Keadaan 1 sebelum komposit, ada beban kerja  
 $Q_u = 1,2 \times 156 + 1,6 \times 100 = 347,30 \text{ kg/m}^2$
- Keadaan 2 saat pengangkatan pelat pracetak  
 $Q_u = 1,2 \times 156 + 1,6 \times 0 = 187,20 \text{ kg/m}^2$
- Keadaan 3, setelah komposit  
 $Q_u = 1,2 \times 411 + 1,6 \times 157,68 = 745,49 \text{ kg/m}^2$

#### 4.2.1.3. Perhitungan Tulangan Pelat

Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit dan kedua adalah penulangan sesudah komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan, yang memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara kedua keadaan diatas. Tulangan pelat menggunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan. Perhitungan pelat A dengan dimensi 4,00 x 2,65 m yang dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya.



**Gambar 4.3** Tipe Pelat A (400 x 265 cm)

Data perencanaan untuk penulangan pelat :

- Menentukan data perencanaan penulangan pelat

Dimensi pelat = 400 cm x 265 cm

Tebal pelat pracetak = 65 mm

Tebal overtopping = 55 mm

Tebal decking = 20 mm

Diameter tulangan rencana = 13 mm

Mutu tulangan baja ( $f_y$ ) = 400 MPa

Mutu beton ( $f'_c$ ) = 35 MPa

- Kondisi sebelum komposit

$$d_x = 65 - 20 - \frac{13}{2} = 38,5 \text{ mm}$$

$$dy = 65 - 20 - 13 - \frac{13}{2} = 25,5 \text{ mm}$$

- Kondisi sesudah komposit

$$dx = 120 - 20 - \frac{13}{2} = 93,5 \text{ mm}$$

$$dy = 120 - 20 - 13 - \frac{13}{2} = 80,5 \text{ mm}$$

- Untuk mutu beton  $f'_c = 35$  MPa berdasarkan SNI-2847-2013 Pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05$$

$$\beta_1 = 0,80$$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan adalah sebagai berikut:

$$\rho_{\min} = 0,002 \text{ (SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3a)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$L_x = 265 - (55 / 2 + 30 / 2) = 222,5 \text{ cm} = 2,225 \text{ m}$$

$$L_y = 400 - (55 / 2) = 372,50 \text{ cm} = 3,725 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{372,50}{222,50} = 1,7 < 2 \quad (\text{pelat dua arah})$$

Pada penulangan pelat terdapat penulangan pelat arah X dan penulangan pelat arah Y. pada penulangan pelat arah X penulangan pada tumpuan sama dengan pada lapangan hanya saja letak tulak tulangan tariknya diatas sedangkan pada daerah lapangan tulangan tariknya berada dibawah. Tulangan

lapangan dan tulangan tumpuan baik arah X maupun arah Y direncanakan menggunakan D13 mm ( $A_s = 132,70 \text{ mm}^2$ ).

#### 4.2.1.3.1 Perhitungan Penulangan Pelat Sebelum Komposit

Menentukan momen ( $M_u$ ) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi perletakan terletak beban pada keempat tepinya dan terjepit ditiga sisinya :

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{372,50}{222,50} = 1,7 < 2$$

- $M_{lx}(+) = M_{tx}(-) = 0,001 \text{ Qu } L_x^2$ ,  $x \rightarrow x = 82$
- $M_{ly}(+) = M_{ty}(-) = 0,001 \text{ Qu } L_y^2$ ,  $x \rightarrow y = 57$

#### Penulangan Arah X

$$M_{lx}(+) = M_{tx}(-) = 0,001 \times 347,20 \times 2,225^2 \times 82 = 140,9463 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times 1000 \times d \times x^2} = \frac{1409463}{0,8 \times 1000 \times 38,5^2} = 1,19$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,19}{400}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,003 > \rho_{min} = 0,002$  dipakai  $\rho_{perlu}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,003 \times 1000 \times 38,5 = 116,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka,  $A_s$  pakai = 116,79 mm<sup>2</sup>

Digunakan tulangan  $\emptyset$  13 mm ( $A_b = 132,70 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_b}{A_s} = \frac{1000 \times 132,70}{116,79} = 1136,3 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)

$$s \leq 3(65) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 195 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai  $s = 125 \text{ mm}$

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1000 \times A_b}{s} = \frac{1000 \times 132,70}{125} = 1061,60 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Penampang:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1061,60 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} = 14,27 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{14,27}{0,85} = 16,79 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left( \frac{38,5}{16,79} - 1 \right) = 0,004 < 0,005$$

Maka nilai  $\emptyset$  adalah

$$\emptyset = 0,65 + (\epsilon_t - 0,002) \left( \frac{250}{3} \right) \text{ SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2}$$

$$\emptyset = 0,65 + (0,004 - 0,002) \left( \frac{250}{3} \right)$$

$$\emptyset = 0,81$$

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times \left( d_x - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\emptyset M_n = 0,81 \times 1061,60 \times 400 \times \left( 38,5 - \frac{1}{2} \times 14,27 \right)$$

$$= 10741105 \text{ Nmm} = 1074,1105 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 1074,1105 \text{ kgm} > M_u = 140,9463 \text{ kgm (OK)}$$

Jadi, dipakai tulangan utama D13-125.

**Penulangan Arah Y**

$$\text{Muly}(+) = \text{Muty}(-) = 0,001 \times 347,20 \times 3,7250^2 \times 57 = 274,6042 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times d y^2} = \frac{2746042}{0,8 \times 1000 \times 25,5^2} = 5,28$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 5,28}{400}} \right)$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0146 > \rho_{\text{min}} = 0,0020$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

As perlu =  $\rho \times b \times d_y$

$$= 0,0146 \times 1000 \times 25,5 = 373,25 \text{ mm}^2$$

Maka, As pakai = 373,25 mm<sup>2</sup>

Digunakan tulangan  $\emptyset 13 \text{ mm}$  ( $A_b = 132,70 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_b}{A_s} = \frac{1000 \times 132,70}{373,25} = 355,52 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)

$s \leq 3(65)$  atau 450 mm

$s \leq 195 \text{ mm}$  atau 450 mm

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai  $s = 125 \text{ mm}$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{1000 \times A_b}{s} = \frac{1000 \times 132,70}{125} = 1061,60 \text{ mm}^2$$

### Kontrol Kapasitas Penampang:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1061,60 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} = 14,27 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{14,27}{0,85} = 16,79 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0,003 \times \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left( \frac{25,5}{16,79} - 1 \right) = 0,002 < 0,005$$

Maka nilai  $\phi$  adalah

$$\phi = 0,65 + (\varepsilon_t - 0,002) \left( \frac{250}{3} \right) \text{ SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2}$$

$$\phi = 0,65 + (0,002 - 0,002) \left( \frac{250}{3} \right)$$

$$\phi = 0,61$$

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_y - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,61 \times 1061,60 \times 400 \times \left( 25,5 - \frac{1}{2} \times 14,27 \right) \\ &= 4779765 \text{ Nmm} = 477,9765 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 477,9765 \text{ kgm} > M_u = 274,6042 \text{ kgm (OK)}$$

Jadi, dipakai tulangan utama D13-125.

### Kontrol Retak

Momen batas retak yang terjadi pada arah memendek pelat saat beton berumur 3 hari:

$$f''c = 0,40 \times f'_c = 0,40 \times 35 = 14 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f''c} \quad \lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$f_r = 0,62 (1) \sqrt{14}$$

$$f_r = 2,32 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 1000 \times 65^3 = 22.885.416,67 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{2,32 \times 22.885.416,67}{16,79} = 3.161.546,15 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = 316,1546 \text{ kgm} \geq M_{ult} = 274,6042 \text{ kgm (OK)}$$



### **Kontrol Tegangan**

Direncanakan pengecoran *overtopping* setelah berumur 3 hari.

$$f_r = 2,32 \text{ MPa}$$

Mx ditahan oleh nilai terkecil dari  $b/2$  atau 15 x tebal pelat (t)

$$b/2 = 2,65/2 = 1,325 \text{ m}$$

$$15t = 15(0,065) = 0,975 \text{ m}$$

Maka, Mx ditahan sepanjang 0,975 m.

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} (975)(65^3) = 22.313.281,25 \text{ mm}^4$$

$$f_t = \frac{M c}{I} = \frac{274,6042 \times 10^4 \times 16,79}{22.313.281,25}$$

$$f_t = 2,07 \text{ MPa}$$

$$f_t = 2,07 \text{ MPa} \leq f_r = 2,32 \text{ MPa (OK)}$$

### **Kontrol Lendutan**

$$\Delta \leq \Delta \text{ ijin}$$

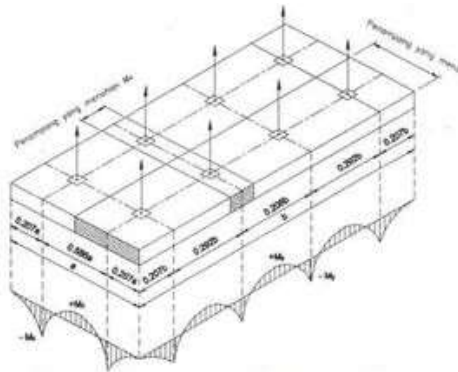
$$\frac{5 q l^4}{384 E I} \leq \frac{l}{480}$$

$$\frac{5 (411 + 157,68) \times 10^{-5} (2650)^4}{384 (4700 \sqrt{0,40 \times 35}) (2231,328 \times 10^{-4})} \leq \frac{2650}{480}$$

$$0,931 \text{ mm} \leq 5,520 \text{ mm (OK)}$$

#### **4.2.1.3.2 Perhitungan Penulangan Pelat Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan**

Dalam pemasangan pelat pracetak, perlu diingat bahwa pelat akan mengalami pengangkatan elemen (erection). Besarnya momen dan pengangkatan jarak tulangan angkat sesuai dengan buku "*Precast and Prestressed Concrete*" seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.3 dibawah ini dimana momen daerah tumpuan sama dengan momen daerah lapangan, yaitu:



**Gambar 4.4** Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)

$$M_x = 0,054 \times w \times a^2 \times b$$

$$M_y = 0,027 \times w \times a \times b^2$$

Pada pelat Type A : 400 x 265 cm (Lx=222,5cm, Ly= 372,5 cm)

Ditentukan a = 2,225 m dan b = 3,725 m

Dengan w = (1,2 x 0,065 x 2400 ) = 187,20 mm<sup>2</sup>

Maka :

### Penulangan Arah X

$$M_x = 0,054 \times 156 \times 2,225^2 \times 3,725 = 186,4172 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times dx^2} = \frac{1864172}{0,8 \times 1000 \times 38,5^2} = 1,57$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,57}{400}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,004 > \rho_{min} = 0,002$  dipakai  $\rho_{perlu}$  sehingga

didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,004 \times 1000 \times 38,5 = 155,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka,  $A_s$  pakai = 155,54 mm<sup>2</sup>

Digunakan tulangan  $\emptyset$  13 mm ( $A_b = 132,70 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_b}{A_s} = \frac{1000 \times 132,70}{155,54} = 853,17 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)

$$s \leq 3(65) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 195 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai  $s = 125 \text{ mm}$

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1000 \times A_b}{s} = \frac{1000 \times 132,70}{125} = 1061,60 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Penampang:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1061,60 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} = 14,27 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{14,27}{0,85} = 16,79 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left( \frac{38,5}{16,79} - 1 \right) = 0,004 < 0,005$$

Maka nilai  $\emptyset$  adalah

$$\emptyset = 0,65 + (\epsilon_t - 0,002) \left( \frac{250}{3} \right) \quad \text{SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2}$$

$$\emptyset = 0,65 + (0,004 - 0,002) \left( \frac{250}{3} \right)$$

$$\emptyset = 0,81$$

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times \left( d_x - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\emptyset M_n = 0,81 \times 1061,60 \times 400 \times \left( 38,5 - \frac{1}{2} \times 14,27 \right)$$

$$= 10741105 \text{ Nmm} = 1074,1105 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 1074,1105 \text{ kgm} > M_u = 186,4172 \text{ kgm (OK)}$$

Jadi, dipakai tulangan utama D13-125.

### Penulangan Arah Y

$$M_y = 0,027 \times 187,20 \times 2,225 \times 3,725^2 = 156,0458 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times 1000 \times d y^2} = \frac{1560458}{0,8 \times 1000 \times 25,5^2} = 3,00$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 3,00}{400}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,0079 > \rho_{min} = 0,0020$  dipakai  $\rho_{perlu}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d y \\ &= 0,0079 \times 1000 \times 25,5 = 201,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka,  $A_s$  pakai = 167,18 mm<sup>2</sup>

Digunakan tulangan  $\emptyset 13 \text{ mm}$  ( $A_b = 132,70 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_b}{A_s} = \frac{1000 \times 132,70}{201,99} = 656,97 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)

$$s \leq 3(65) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 195 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai  $s = 125 \text{ mm}$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{1000 \times A_b}{s} = \frac{1000 \times 132,70}{125} = 1061,60 \text{ mm}^2$$

**Kontrol Kapasitas Penampang:**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1061,60 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} = 14,27 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{14,27}{0,85} = 16,79 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0,003 \times \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left( \frac{25,5}{16,79} - 1 \right) = 0,002 < 0,005$$

Maka nilai  $\phi$  adalah

$$\phi = 0,65 + (\varepsilon_t - 0,002) \left( \frac{250}{3} \right) \quad \text{SNI 03-2847-2013 Pasal}$$

9.3.2.2

$$\phi = 0,65 + (0,002 - 0,002) \left( \frac{250}{3} \right)$$

$$\phi = 0,61$$

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_y - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,61 \times 1061,60 \times 400 \times \left( 25,5 - \frac{1}{2} \times 14,27 \right) \\ &= 4779765 \text{ Nmm} = 477,9765 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 477,9765 \text{ kgm} > M_u = 156,0458 \text{ kgm (OK)}$$

Jadi, dipakai tulangan utama D13-125.

**Kontrol Retak**

Momen batas retak yang terjadi pada arah memendek pelat saat beton berumur 3 hari:

$$f''c = 0,40 \times f'_c = 0,40 \times 35 = 14 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f'_c} \quad \lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$f_r = 0,62 (1) \sqrt{14}$$

$$f_r = 2,32 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 1000 \times 65^3 = 22.885.416,67 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{2,32 \times 22.885.416,67}{16,79} = 3.161.546,15 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = 316,1542 \text{ kgm} \geq M_{ult} = 156,0458 \text{ kgm (OK)}$$

### **Kontrol Tegangan**

Diasumsikan pelat pracetak diangkat setelah berumur 3 hari.

$$f''c = 0,40 \times f'c = 0,40 \times 35 = 14 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f'c} \quad \lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$f_r = 0,62 (1) \sqrt{14}$$

$$f_r = 2,32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{cr}}{I} < f_r$$

$$\sigma_{\max} = \frac{186,4172 \times 10^4 \times 16,79}{22.885.416,67} < 2,32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} = 1,15 \text{ MPa} < 2,32 \text{ MPa (OK)}$$

### **Kontrol Lendutan**

$$\Delta \leq \Delta \text{ ijin}$$

$$\frac{5 q l^4}{384 E I} \leq \frac{l}{480}$$

$$\frac{5 (411 + 157,68) \times 10^{-5} (2650)^4}{384 (4700 \sqrt{0,40 \times 35}) (2288,54 \times 10^{-4})} \leq \frac{2650}{480}$$

$$0,907 \text{ mm} \leq 5,520 \text{ mm (OK)}$$

### **Kapasitas Crane**

Dengan berat pelat lantai sebesar 156 kg/m<sup>2</sup>, maka berat total pelat = 156 x 4 x 2,65 = 1653,6 kg = 1,65 ton. Oleh karena itu digunakan *tower crane* XCMG dengan kapasitas angkat 12 ton yang diproduksi oleh XGTL180.

#### 4.2.1.3.3 Perhitungan Penulangan Pelat Sesudah Komposit

$$Q_u = 745,49 \text{ kg/m}$$

$$d_x = 93,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 80,5 \text{ mm}$$

Menentukan momen ( $M_u$ ) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi perletakan terletak beban pada keempat tepinya dan terjepit dikedua sisinya :

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{372,50}{222,50} = 1,7$$

- $M_{ux} (+) = M_{ux} (-) = 0,001 Q_u L_x$ ,  $x \rightarrow x = 82$
- $M_{uy} (+) = M_{uy} (-) = 0,001 Q_u L_x$ ,  $x \rightarrow y = 57$

#### Penulangan Arah X

$$M_{ux}(+) = M_{ux}(-) = 0,001 \times 745,49 \times 2,2250^2 \times 82 = 302,6318 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times 1000 \times d_x^2} = \frac{3026318}{0,8 \times 1000 \times 93,5^2} = 0,43$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,43}{400}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,001 < \rho_{min} = 0,002$  dipakai  $\rho_{min}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,002 \times 1000 \times 93,5 = 187,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka,  $A_s$  pakai = 187,00 mm<sup>2</sup>

Digunakan tulangan  $\emptyset 13 \text{ mm}$  ( $A_b = 132,70 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_b}{A_s} = \frac{1000 \times 132,70}{187,00} = 709,63 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)

$$s \leq 3(120) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 195 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai  $s = 200 \text{ mm}$

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1000 \times A_b}{s} = \frac{1000 \times 132,70}{200} = 663,5 \text{ mm}^2$$

#### Kontrol Kapasitas Penampang:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{663,50 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} = 8,92 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{8,92}{0,85} = 10,50 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left( \frac{93,5}{10,50} - 1 \right) = 0,024 > 0,005$$

Maka nilai  $\phi$  adalah 0,9

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times \left( dx - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 663,50 \times 400 \times \left( 93,5 - \frac{1}{2} \times 10,50 \right) \\ &= 21267973,97 \text{ Nmm} = 2126,7974 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 2126,7974 \text{ kgm} > M_u = 302,6318 \text{ kgm (OK)}$$

Jadi, dipakai tulangan utama D13-200.

#### **Penulangan Arah Y**

$$M_{\text{uly}}(+)=M_{\text{uly}}(-)=0,001 \times 745,49 \times 3,7250^2 \times 57 = 589,6144 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times 1000 \times d y^2} = \frac{5896144}{0,8 \times 1000 \times 80,5^2} = 1,14$$



$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,14}{400}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,0029 > \rho_{min} = 0,002$  dipakai  $\rho_{perlu}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} As_{perlu} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0029 \times 1000 \times 80,5 = 233,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka,  $As_{pakai} = 233,44 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan  $\emptyset 13 \text{ mm}$  ( $Ab = 132,70 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times Ab}{As} = \frac{1000 \times 132,70}{233,44} = 360 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$  atau  $450 \text{ mm}$  (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)

$s \leq 3(120)$  atau  $450 \text{ mm}$

$s \leq 360 \text{ mm}$  atau  $450 \text{ mm}$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai  $s = 200 \text{ mm}$

$$As_{pakai} = \frac{1000 \times Ab}{s} = \frac{1000 \times 132,70}{200} = 663,50 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Penampang:

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{663,50 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} = 8,92 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{8,92}{0,85} = 10,50 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left( \frac{80,5}{10,50} - 1 \right) = 0,020 > 0,005$$

Maka nilai  $\emptyset$  adalah 0,9

$$\emptyset Mn = \emptyset \times As \times fy \times \left( dy - \frac{1}{2}a \right)$$

$$\emptyset Mn = 0,9 \times 663,50 \times 400 \times \left( 80,5 - \frac{1}{2} \times 10,50 \right)$$

$$= 18162793,97 \text{ Nmm} = 1816,2794 \text{ kgm}$$

$$\emptyset Mn = 1816,2794 \text{ kgm} > Mu = 589,6144 \text{ kgm (OK)}$$

Jadi, dipakai tulangan utama D13-125.

Penulangan pelat yang akan dipasang/dipakai adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari keadaan-keadaan diatas ( keadaan sebelum komposit dan sesudah komposit ) yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Tulangan Terpasang pada Pelat

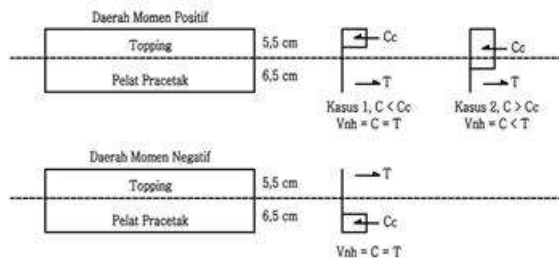
Tipe Pelat	Tulangan Terpasang (mm <sup>2</sup> )	
	Arah X	Arah Y
A(4,00 x 2,65m)	D13 – 125 As = 132,7 mm <sup>2</sup>	D13 – 125 As = 132,7 mm <sup>2</sup>
B(2,85 x 2,65m)	D13 – 125 As = 132,7 mm <sup>2</sup>	D13 – 125 As = 132,7 mm <sup>2</sup>
C(3,00 x 2,65m)	D13 – 125 As = 132,7 mm <sup>2</sup>	D13 – 125 As = 132,7 mm <sup>2</sup>

#### 4.2.1.4. Penulangan Stud Pelat Lantai

Pada perencanaan yang memakai elemen pracetak dan topping cor ditempat maka transfer gaya regangan horisontal yang terjadi harus dapat dipastikan mampu dipikul oleh seluruh penampang, baik oleh elemen pracetak maupun oleh topping cor ditempat. Untuk mengikat elemen pracetak dan elemen cor ditempat maka dipakai tulangan stud.

Gaya geser horisontal yang terjadi pada penampang komposit ada dua macam kasus :

- Kasus 1 : gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan elemen cor setempat
- Kasus 2 : gaya tekan elemen komposit lebih dari gaya tekan elemen cor setempat



**Gambar 4.5** Diagram Gaya Geser Horizontal Penampang Komposit

Perhitungan stud pelat

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 f_c' A_{\text{topping}} \\
 &= 0,85 \times 35 \times 55 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\
 &= 1636250 \text{ N} = 1636,250 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dipakai stud Ø 10 mm

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,50$$

$$\begin{aligned}
 V_{nh} &= C = T \\
 &= A_s \times f_y \\
 &= 78,50 \times 400 = 31400 \text{ N} = 31,400 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,55 A_c &= 0,55 \times b_v \times d \\
 &= 0,55 \times 1000 \times 93,5 \\
 &= 51425 \text{ N} = 51,4 \text{ kN} > V_{nh}
 \end{aligned}$$

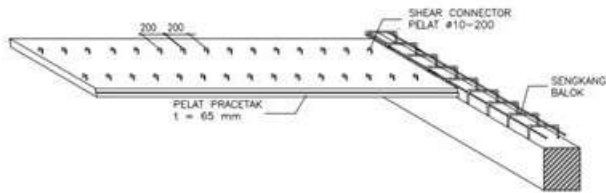
Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 17.5.3.1, Bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan 17.6 dan bidang kontakannya bersih dan bebas dari serpihan tapi tidak dikasarkan, maka kuat geser  $V_{nh}$  tidak boleh diambil lebih dari  $0,55 b_v d$  dalam Newton. Pasal 17.6.1 berbunyi bahwa bila

senggang pengikat dipasang untuk menyalurkan geser horisontal, maka luas senggang pengikat tidak boleh kurang luas daripada luas yang diperlukan oleh 11.4.6.3, dan spasi senggang pengikat tidak boleh melebihi empat kali dimensi terkecil elemen yang didukung ataupun 600 mm.

SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.3 :

$$A_{v_{\min}} = \frac{0,35 \times bw \times s}{f_y} = \frac{0,35 \times 1000 \times 200}{400} = 175 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang stud (*shear connector*) Ø10-200 mm (  $A_v = 392,7 \text{ mm}^2$  )



**Gambar 4.6** Penulangan Stud Plat Lantai

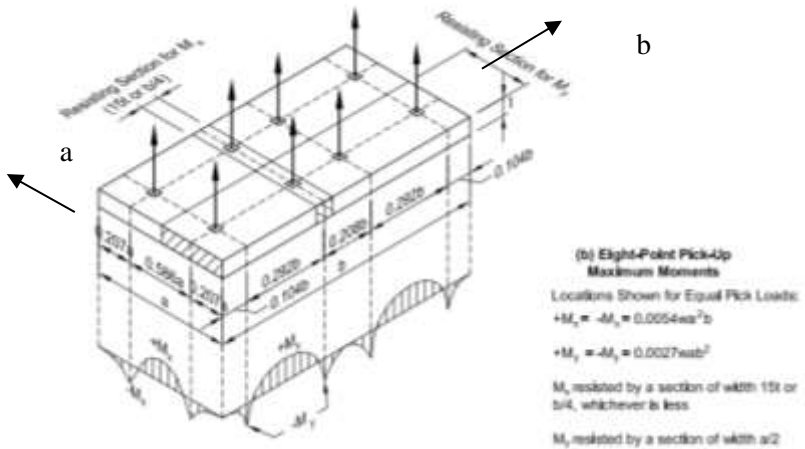
#### 4.2.1.5. Perhitungan Tulangan Angkat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Perhitungan akan diambil pelat tipe A dengan dimensi 2,65 m x 4,00 m dengan delapan titik pengangkatan (*eight point pick up*).

##### a) Perhitungan Penulangan Angkat Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat dengan dimensi 4 m x 2,65 m dengan delapan titik pengangkatan ( *eight point pick up* ).

## 1) Perhitungan Tulangan Angkat Pelat



**Gambar 4.7** Jarak Tulangan Angkat Menurut Buku  
(PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 5 Edition,  
1992)

- Gaya akibat pengangkatan akan ditransformasikan kedua arah horizontal, yaitu arah i dan j.
- Tinggi pengangkatan dari muka pelat diambil 50 cm
- Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut ( $k = 1,2$ ) pada saat pengangkatan.
- $DL = 0,065 \times 4,00 \times 2,65 \times 2400 = 1653,60 \text{ kg}$

Beban ultimate =  $1,2 \times 1,2 \times 1653,60 \text{ kg} = 2778,05 \text{ kg}$

Gaya angkat tiap tulangan =  $2778,05 / 8 = 347,26 \text{ kg}$

Sesuai PPBBI pasal 2.2.2 tegangan tarik ijin baja :

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = f_y / 1,5 = 4000 / 1,5 = 2666,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka diameter tulangan angkat} = \sqrt{\frac{347,26}{2666,67 \times \pi}} = 0,21 \text{ cm}$$

Maka digunakan tulangan  $\varnothing 10 \text{ mm}$ .

## 2) Pengangkatan Pelat Tipe HS (Half Slab)

Tegangan ijin untuk pengangkatan dengan asumsi usia beton pada saat pengangkatan adalah 3 hari (koefisien didapat dari Tabel 4.1.4 Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971) :

$$f'_{ci} = 0,4 \times f'_c = 0,4 \times 35 = 14$$

$$f'_r = 0,62 \times \sqrt{f'_{ci}} = 0,62 \times \sqrt{14} = 2,320 \text{ MPa}$$

Tegangan ijin untuk pengangkatan pada saat erection dengan asumsi usia beton adalah mencapai 28 hari :

$$f'_r = 0,62 \times \sqrt{f'_c} = 0,62 \times \sqrt{35} = 3,668 \text{ MPa}$$

Dengan menggunakan 8 titik angkat, maka :

$$W = 1,2 \times 0,065 \times 2400 = 187,20 \text{ kg/m}^2$$

(koefisien didapat dari PCI tabel 5.2.1)

- Transversal Bending

$$\begin{aligned} Z &= 1/6 \times a/2 \times t^2 \\ &= 1/6 \times 2,65/2 \times 0,065^2 \\ &= 0,00093 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_x &= 0,0054 \times w \times a^2 \times b \\ &= 0,0054 \times 187,20 \times 2,65^2 \times 4,00 \\ &= 28,40 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F' &= M_x/Z \\ &= 28,40 / 0,0093 \\ &= 30434,07 \text{ kg} = 0,382 \text{ MPa} \end{aligned}$$

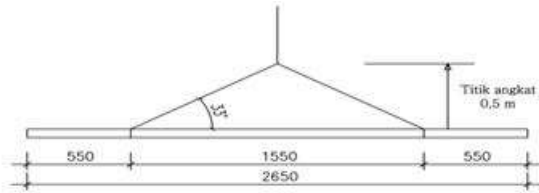
$$f' < f'_r \dots \text{OK}$$

$$I_g = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 2650 \times 65^3 = 60646354,17 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{f'_r \times I_g}{Y_t} \\ &= \frac{2,320 \times 60646354,17}{32,5} = 4328894,923 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$= 432,8895 \text{ kgm}$$

$$M_x < M_{cr} \dots \text{Ok}$$



**Gambar 4.8** Posisi Titik Angkat Pelat Arah j

- Longitudinal Bending

$$Z = \frac{1}{6} \times b/2 \times t^2$$

$$= \frac{1}{6} \times 4/2 \times 0,065^2$$

$$= 0,00141 \text{ m}^3$$

$$M_y = 0,0027 \times w \times a \times b^2$$

$$= 0,0027 \times 187,20 \times 2,65 \times 4,00^2$$

$$= 21,431 \text{ kgm}$$

$$F' = M_x/Z$$

$$= 21,431 / 0,00141$$

$$= 15217,034 \text{ kg} = 0,191 \text{ MPa}$$

$$f' < f_r \quad \dots \text{OK}$$

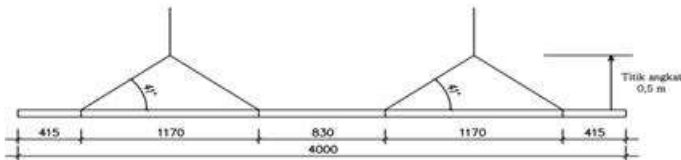
$$I_g = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 4000 \times 65^3 = 91541666,67 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f' r \times I_g}{y_t}$$

$$= \frac{2,32 \times 91541666,67}{32,5} = 6534181,02 \text{ Nmm}$$

$$= 653,4180 \text{ kgm}$$

$$M_y < M_{cr} \dots \text{OK}$$

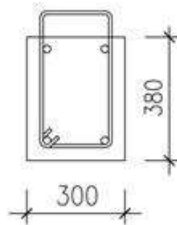


**Gambar 4.9** Posisi Titik Angkat Pelat Arah i

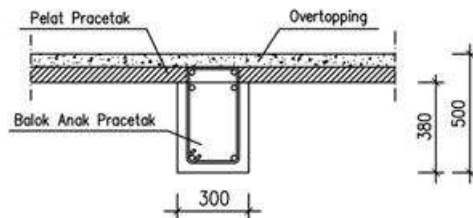
#### 4.2.2. Data Perencanaan Balok Anak Pracetak

- Dimensi balok anak :  $30 \times 50$  cm
- Mutu beton ( $f'_c$ ) : 30 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Tulangan lentur : D16
- Tulangan sengkang :  $\emptyset 10$

Dalam perhitungan bab ini, akan dilakukan perhitungan sebelum komposit dan perhitungan sesudah komposit. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit.



**Gambar 4.10** Dimensi Balok Anak Sebelum Komposit



**Gambar 4.11** Dimensi Balok Anak Sesudah Komposit

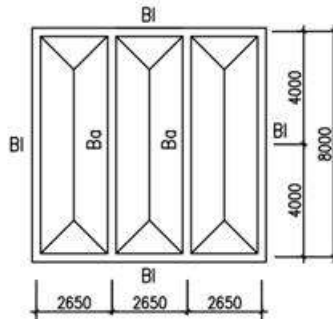
##### 4.2.2.1. Pembebanan Balok Anak Pracetak

Beban yang bekerja pada balok anak merupakan berat sendiri dari balok anak tersebut dan semua berat merata yang terjadi pada pelat termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup



merata yang berada diatas pelat. Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban trapesium pada lajur yang panjang.

Beban – beban trapesium tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekuivalen untuk mendapatkan momen maksimumnya. Untuk mempermudah pemahaman pembebanan pada balok anak berikut disajikan gambar distribusi beban yang bekerja pada balok anak.



**Gambar 4.12** Denah Pembebanan Balok Anak

#### 4.2.2.2. Perhitungan Pembebanan Balok Anak

##### ➡ Sebelum Komposit

$$Lx = 265 - (30/2 + 55/2) = 222,5 \text{ cm} = 2,225 \text{ m}$$

$$Ly = 800 - (55/2 + 55/2) = 745 \text{ cm} = 7,45 \text{ m}$$

- Beban mati ( $Q_{DL}$ )

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok anak} &= 0,30 \text{ m} \times 0,38 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 273,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q \text{ mati pelat sebelum komposit} = 156 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sebelum komposit}} &= (qD_{\text{balok}}) + \left\{ 2 \times \left( \frac{1}{2} qD \times lx \right) \times \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{lx}{ly} \right)^2 \right) \right\} \\
 &= 273,6 + \left\{ 2 \times \left( \frac{1}{2} \times 156 \times 2,225 \right) \times \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{2,225}{7,45} \right)^2 \right) \right\} \\
 &= 610,38 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi beban

$Q_u$  sebelum komposit

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times (610,38) + 1,6 \times 0 \\
 &= 732,46 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

#### ✎ Sesudah Komposit

- Beban mati ( $Q_{DL}$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri balok anak} &= 0,30 \times 0,50 \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 360 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q \text{ pelat sesudah komposit} &= 411 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sesudah komposit}} &= (qD_{\text{balok}}) + \left\{ 2 \times \left( \frac{1}{2} qD \times lx \right) \times \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{lx}{ly} \right)^2 \right) \right\} \\
 &= 360 + \left\{ 2 \times \left( \frac{1}{2} \times 411 \times 2,225 \right) \times \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{2,225}{7,45} \right)^2 \right) \right\} \\
 &= 803,64 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

•

Beban hidup ( $Q_{LL}$ )

$$\begin{aligned}
 Q_L &= 2 \times \left( \frac{1}{2} qL \times lx \right) \times \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{lx}{ly} \right)^2 \right) \\
 &= 2 \times \left( \frac{1}{2} \times 157,68 \times 2,225 \right) \times \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{2,225}{7,45} \right)^2 \right) \\
 &= 340,41 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi beban

$Q_u$  sesudah komposit

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times 803,64 + 1,6 \times 340,41 \\
 &= 1941,02 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2.3. Perhitungan Momen dan Geser

Perhitungan momen dan gaya lintang sesuai dengan ikhtisar momen – momen dan gaya melintang dari SNI 2847:2013 pasal 8.3.3.

↳ Momen Sebelum Komposit

Asumsi balok berada di atas 2 tumpuan sederhana (sendi-rol)

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= 1/8 \times (732,46 \times 8^2) = 5859,65 \text{ kgm} \\
 V &= 1/2 \times (732,46 \times 8) = 2929,82 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

↳ Momen Sesudah Komposit

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= 1/8 \times (1941,02 \times 8^2) = 15528,18 \text{ kgm} \\
 V &= 1/2 \times (1941,02 \times 8) = 7764,09 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2.4. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak Sebelum Komposit

Dimensi balok anak	= 30/38
selimut beton	= 40 mm
Diameter tulangan utama	= 16 mm
Diameter tulangan sengkang	= 10 mm
Mutu beton ( $f'_c$ )	= 35 MPa
Mutu baja ( $f_y$ )	= 400 MPa

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

↳ **Perhitungan tulangan sebelum komposit**

$$h \text{ efektif} = 380 - 40 - 10 - \frac{1}{2} (16) = 322 \text{ mm}$$

### Penulangan Lentur

$$M_u = 5859,65 \text{ kgm} = 58596500,00 \text{ Nmm}$$

Dipakai koefisien faktor reduksi :  $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{58596500,00}{0,9 \times 300 \times 322^2} = 2,09$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 2,09}{400}} \right) = 0,005 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,005 > \rho_{\min} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

### Tulangan lentur tarik

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,005 \times 300 \times 322 = 524,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\phi 16}}}$$

$$= \frac{524,65}{201,06} = 2,61 \approx 3 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 3D16 ( $A_s = 603,19 \text{ mm}^2$ )

Tulangan lentur tekan

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 524,65 = 262,32 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan

$$2D16 (A_s = 403,19 \text{ mm}^2 > A_s') \dots \text{OK}$$

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{603,19 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 300)} = 28,72 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(35 - 28)}{7} \\ = 0,75$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{28,72}{0,75} = 38,30$$

- Regangan Tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

- Regangan Tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \times (d - c)}{c} = \frac{0,003 \times (322 - 38,30)}{38,30} = 0,022 > \varepsilon_0 \dots \text{OK}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$M_{n \text{ rencana}} = A_s \text{ pasang} \times f_y \times d - \frac{a}{2} = 603,19 \times 400 \times (322 - \frac{28,72}{2}) \\ = 74224942,26 \text{ Nmm} = 7422,50 \text{ kgm}$$

- Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi M_{n \text{ rencana}} = 0,9 \times 7422,50 = 6680,24 \text{ kgm}$$

- Kontrol kekuatan lentur nominal reduksi terhadap momen ultimit

$$\phi M_{n \text{ rencana}} > M_u \rightarrow 6680,24 \text{ kgm} > 5859,65 \text{ kgm} \dots \text{OK}$$

### **Perhitungan Tulangan Geser**

$$V_u = 2929,82 \text{ kg} = 29298,20 \text{ N}$$

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d)$$

$$\phi V_c = 0,75 (0,17 \times 1 \sqrt{35} \times 300 \times 322) \times 10^{-1}$$

$$\phi V_c = 7286,54 \text{ kg}$$

$$\text{- Cek nilai } V_c = 1/2 \phi V_c \geq V_u$$

$$3643,27 \text{ kg} \geq 2929,82 \text{ kg (OK)}$$

Kekuatan geser balok mencukupi, tidak dibutuhkan tulangan geser.

### **↪ Perhitungan tulangan sesudah komposit**

$$h \text{ efektif} = 500 - 40 - 10 - \frac{1}{2} (16) = 442 \text{ mm}$$

#### **Penulangan Lentur**

$$M_u = 15528,18 \text{ kgm} = 155281800,00 \text{ Nmm}$$

$$\text{Dipakai koefisien faktor reduksi : } \phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{155281800,00}{0,9 \times 300 \times 442^2} = 2,94$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 2,94}{400}} \right) = 0,008 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,008 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

#### **Tulangan lentur tarik**

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,008 \times 300 \times 442 = 1029,63 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s\phi 16}}$$

$$= \frac{1029,63}{201,06} = 5,12 \approx 6 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 6D16 ( $A_s = 1206,37 \text{ mm}^2$ )

#### Tulangan lentur tekan

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 1029,63 = 514,81 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan

3D16 ( $A_s = 603,19 \text{ mm}^2 > A_s'$ ) ..... OK

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{1206,37 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 300)} = 57,45 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(35 - 28)}{7} = 0,75$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{57,45}{0,75} = 76,60$$

- Regangan Tarik

$\varepsilon_0 = 0,003$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3

- Regangan Tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (442 - 76,60)}{76,60} = 0,014 > \varepsilon_0 \text{ ...OK}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned} M_{n \text{ rencana}} &= A_s \text{ pasang} \times f_y \times d - \frac{a}{2} = 1206,3 \times 400 \times (442 - \frac{57,45}{2}) \\ &= 199426186,70 \text{ Nmm} = 19942,62 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi M_{n \text{ rencana}} = 0,9 \times 19942,62 = 17948,36 \text{ kgm}$$

- Kontrol kekuatan lentur nominal reduksi terhadap momen ultimit

$$\phi M_{n \text{ rencana}} > M_u \rightarrow 17948,36 \text{ kgm} > 15528,18 \text{ kgm} \text{ ..OK}$$

### Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 7764,09 \text{ kg} = 77640,90 \text{ N}$$

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d)$$

$$\phi V_c = 0,75 (0,17 \times 1 \sqrt{35} \times 300 \times 442) \times 10^{-1}$$

$$\phi V_c = 10002,02 \text{ kg}$$

- Cek nilai  $V_c =$

$$1/2 \phi V_c \geq V_u$$

$$5001,01 \text{ kg} \geq 7764,09 \text{ kg} \text{ (No OK)}$$

Dibutuhkan tulangan geser

$$1/2 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$5001,01 \text{ kg} \leq 7764,09 \text{ kg} \leq 10002,02 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Digunakan tulangan geser minimum

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{7764,09 - 10002,02}{0,75} = -2983,91 \text{ kg}$$

$$V_{c1} = 0,333 \sqrt{f'_c} b w d$$

$$V_{c1} = 0,333 \sqrt{35} (300)(442) = 261229,20 \text{ kg}$$

$$V_s \leq V_{c1}$$

$$-2983,91 \text{ kg} \leq 261229,20 \text{ kg}$$

Pada kedua ujung balok sepanjang panjang  $2h = 2 \times 500 = 1000 \text{ mm}$  digunakan D-10, dua kaki ( $A_v = 157 \text{ mm}^2$ ) pada jarak maksimum, yang dipilih dari nilai terkecil antara:

$$s_1 = \frac{d}{4} = \frac{442}{4} = 110,5 \text{ mm}$$

$$s_2 = 8 \times D16 = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$s_3 = 24 \times D10 = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$$

$$s_4 = 300 \text{ mm}$$

Dipakai  $s = 100 \text{ mm}$  (dipasang D10-100)

Pada luar kedua ujung balok sepanjang  $l_n - 2h = 7400 - (2 \times 500) = 6400 \text{ mm}$  digunakan D-10, dua kaki ( $A_v = 157$



mm<sup>2</sup>) pada jarak maksimum, yang dipilih dari nilai terkecil antara:

$$s_1 = \frac{d}{2} = \frac{442}{2} = 221 \text{ mm}$$

Dipakai  $s = 100 \text{ mm}$  (dipasang D10-150)

#### 4.2.2.5. Perhitungan Tulangan Balok

Perhitungan penulangan balok direncanakan dalam tiga tahap, yaitu penulangan saat pengangkatan, sebelum komposit dan saat komposit. Lalu dipilih tulangan yang paling kritis di antara ketiga keadaan tersebut.

##### a. Kondisi Saat Pengangkatan

Pada saat pengangkatan direncanakan menggunakan 2 buah titik angkat yang sudah disediakan oleh PCI edisi ke-5 seperti gambar di bawah ini.

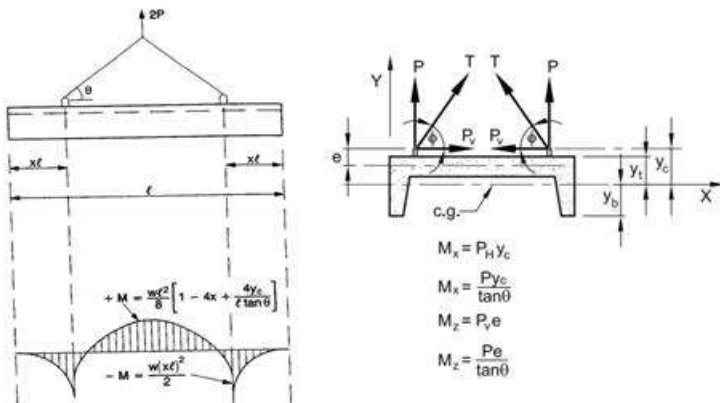
##### ▪ Pembebanan Balok Anak Pracetak

$$\text{Berat balok pracetak} = 0,38 \times 0,30 \times 2400 = 273,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban kejut} = 0,5 \times 273,6 = 136,8 \text{ kg/m} +$$

$$\text{DL} = 410,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{qu} = 410,4 \text{ kg/m}$$

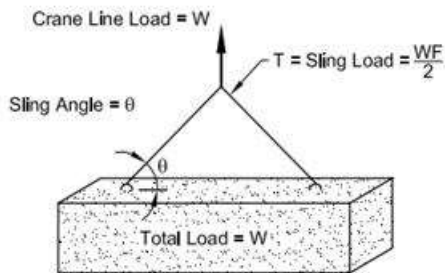


Gambar 4.13 Titik Pengangkatan Pelat

▪ **Momen yang Terjadi**

$$M+ = \frac{qu l^2}{8} \left[ 1 - 4x + \frac{4 y_c}{l \tan \theta} \right]$$

$$M- = \frac{qu (x l)^2}{2}$$



Multiplication Factor "F" for the Total Load on Sling With a Sling Angle of θ					
θ	90°	75°	60°	45°	30° <sup>a</sup>
F	1.00	1.04	1.16	1.41	2.00
NOTE: θ is usually not less than 60°. check bi-directional sling angle.					
<sup>a</sup> A 30° sling angle is not recommended.					

**Gambar 4.14** Sudut pengangkatan

$$Y_t = Y_b = \frac{h_{pracetak}}{2} = \frac{380}{2} = 190 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_t + 50 \text{ mm} = 190 + 50 = 240 \text{ mm } 1,07$$

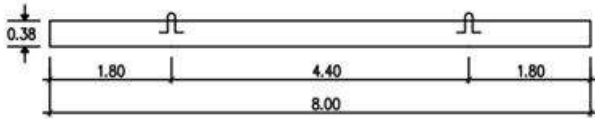
$$\theta = 60^\circ$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \times \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left( 1 + \frac{4Y_c}{L \times \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4(240)}{8000 \times \tan 60}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{190}{190} \left( 1 + \frac{4(240)}{8000 \times \tan 60} \right)} \right)} = 0,22$$

$$X \times L = 0,22 \times 800 = 176 \text{ cm} = 1,80 \text{ m}$$

$$L - 2(X \times L) = 8 - 2(1,8) = 4,4 \text{ m}$$



**Gambar 4.15** Letak Titik Pengangkatan

$$M_+ = \frac{410,4 (8)^2}{8} \left[ 1 - 4(0,22) + \frac{4 (0,240)}{8 (\tan 60)} \right] = 621,72 \text{ kgm}$$

$$M_- = \frac{410,4 (0,22 \times 8)^2}{2} = 621,72 \text{ kgm}$$

$$M_+ = M_-$$

▪ **Gaya yang Terjadi**

$$P_u = \frac{qu l}{2} = \frac{410,4 \times 8}{2} = 1641,6 \text{ kg}$$

$$P_v = \frac{P_u}{\tan \theta} = \frac{1641,6}{\tan 60} = 947,78 \text{ kg}$$

▪ **Tulangan Angkat Balok Anak**

$$P_u = 1641,6 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu  $f_y = 400 \text{ MPa}$  adalah  $f_y/1,5$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 4000/1,5 = 2666,67 \text{ kg/m}^2$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{P_u}{\sigma_{\text{ijin}} \times \pi}}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{1641,6}{2666,67 \times \pi}}$$

$\emptyset_{\text{tulangan angkat}} \geq 0,04 \text{ cm}$   
 Digunakan Tulangan  $\emptyset 10 \text{ mm}$

#### ▪ Kontrol Tegangan

Tegangan yang terjadi pada balok saat beton berumur 3 hari:

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} (300)(380^3) = 1.371.800.000 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{M_c}{I} < f_r$$

$$\sigma = \frac{621,72 \times 10^4 \times 76,6}{1.371.800.000} < 0,62\sqrt{0,40 \times 35}$$

$$\sigma = 0,35 \text{ MPa} < 2,32 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 0,94 \text{ MPa} < 2,32 \text{ MPa (OK)}$$

#### ▪ Kontrol Momen Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847-2013. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 3 hari:

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{2,32 \times 1371800000,0}{76,6} = 41.547.989,56 \text{ Nmm}$$

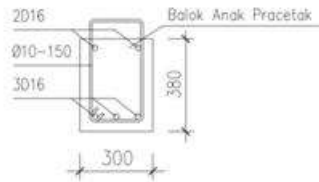
$$M_{cr} = 41.547.989,56 \text{ Nmm} \geq M = 6.217.200,00 \text{ Nmm (OK)}$$

#### ▪ Kontrol Lendutan

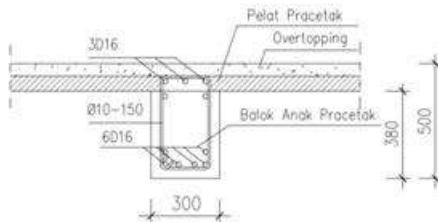
Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 2847:2013, syarat tebal minimum balok dengan dua tumpuan apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times lb$$

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak preliminary design telah direncanakan agar tinggi dari masing-masing tipe balok lebih besar dari persyaratan  $h_{\min}$ .



**Gambar 4.16** Balok Anak Sebelum Komposit



**Gambar 4.17** Balok Anak Sesudah Komposit

### 4.2.3. Perencanaan Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes). Struktur tangga ke atas dan ke bawah tipikal.

#### 4.2.3.1. Data Perencanaan

##### A. Lantai 1

Data perencanaan yang diperlukan untuk merencanakan konstruksi tangga adalah sebagai berikut :

- Mutu beton ( $f'c$ ) = 35 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Tinggi antar lantai = 350 cm
- Panjang bordes = 335 cm
- Lebar bordes = 170 cm
- Lebar tangga = 120 cm
- Tebal pelat tangga ( $t_p$ ) = 20 cm

- Tebal pelat bordes = 20 cm
- Tinggi injakan ( t ) = 15,9 cm
- Lebar injakan ( i ) = 30 cm
- Jumlah tanjakan ( $n_T$ ) =  $\frac{\text{Tinggi lantai}}{t} = 22$  buah
- Jumlah injakan ( $n_i$ ) =  $n_T - 1 = 21$  buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 11 buah
- Jumlah tanjakan dari bordes ke lantai 2 = 11 buah
- Elevasi bordes = 175 cm
- Panjang horizontal plat tangga =  $i \times \text{jumlah tanjakan bordes}$   
=  $30 \times 11 = 330$  cm

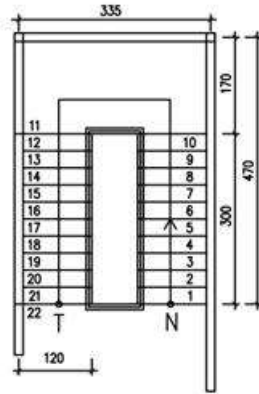
• Kemiringan tangga ( $\alpha$ )

$$\text{arc tan} \alpha = \frac{\text{elevasi bordes}}{\text{panjang horisontal plat tangga}} = \frac{175}{330} = 0,53$$

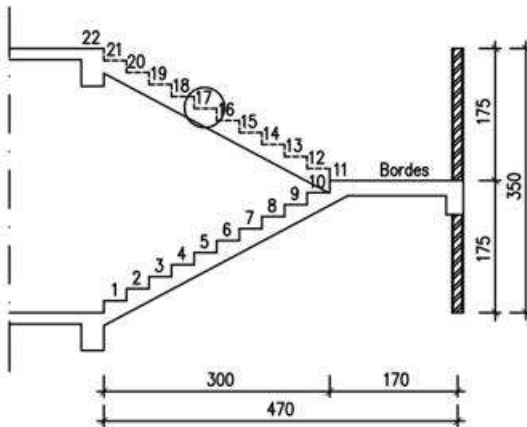
Jadi,  $\alpha = 27,92^\circ$

Cek syarat :

- $60 \leq (2t + i) \leq 65$   
 $60 \leq (2 \times 15,9 + 30) \leq 65$   
 $60 \leq 61,8 \leq 65 \dots \dots \dots$  (OK)
- $25 \leq \alpha \leq 40$   
 $25 \leq 27,92^\circ \leq 40 \dots$  (OK)
- Tebal plat rata-rata anak tangga =  $(i/2) \sin \alpha$   
 $= (30/2) \sin 27,92^\circ$   
 $= 7,02$  cm
- Tebal plat rata-rata =  $tp + tr = 20 + 7,02$   
 $= 27,02$  cm  $\approx 27$  cm



**Gambar 4.18** Denah Tangga



**Gambar 4.19** Tampak Samping Tangga

#### 4.2.3.2. Perhitungan Pembebanan dan Analisa Struktur

##### a. Pembebanan Tangga

###### Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat tangga} = \frac{0,27}{\cos 27,92^\circ} \times 2400 \times 1 = 733,36 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel horizontal} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel vertikal} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi horizontal (2 cm)} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi vertical (2 cm)} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sandaran} = 50 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total (DL)} = 915,36 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Hidup (LL)} : 1 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 = 479 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (915,36) + 1,6 (479) \\ &= 1864,83 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

##### b. Pembebanan Pelat Bordes

###### Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat bordes} = 0,2 \times 2400 \times 1 \text{ m} = 480 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 2 \times 21 \times 1 \text{ m} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 24 \times 1 \text{ m} = 24 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total (LL)} = 546 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Hidup (LL)} : 1 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 = 479 \text{ kg/m}$$

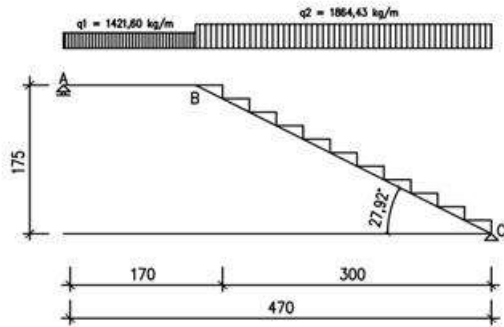
Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (546) + 1,6 (479) \\ &= 1421,60 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 4.2.3.3. Analisa Gaya-Gaya Dalam

Pada proses analisa struktur tangga ini, menggunakan perhitungan statis tak tentu dengan menggunakan perletakan Sendi-Rol, dimana pembebanan tangga dan output seperti dibawah ini :





**Gambar 4.20** Sketsa Beban pada Tangga

- $\sum M_A = 0$   
 $(R_C \times 4,7) - (q_2 \times 3,0 \times (1,5 + 1,7)) - (q_1 \times 1,7 \times 0,85) = 0$   
 $(R_C \times 4,7) - 17902,39 - 2054,21 = 0$   
 $R_C = 4246,09 \text{ kg}$

- $\sum M_C = 0$   
 $(R_A \times 4,7) - (q_2 \times 3,0 \times 1,5) - (q_1 \times 1,7 \times (3,0 + 0,85)) = 0$   
 $(R_A \times 4,7) - 8391,74 - 9304,37 = 0$   
 $R_A = 3765,13 \text{ kg}$

- $\sum H = 0$   
 $H_A = 0$

#### Kontrol

- $\sum V_A = 0$   
 $R_A + R_C - (q_2 \times 3,6) - (q_1 \times 1,7) = 0$   
 $3765,13 + 4246,09 - (1864,83 \times 3,0) - (1421,60 \times 1,7) = 0$   
 $0 = 0 \dots\dots (\text{OK})$

#### Pelat Bordes A-B ( 1,7m )

a. Gaya Momen ( M )  
 $M_{x_1} = R_a \times x_1 - \frac{1}{2} q_1 \times x_1^2$   
 $M_A = 0$   
 $M_{B \text{ kanan}} = R_a \times x_1 - \frac{1}{2} q_1 \times x_1^2$

$$\begin{aligned}
 M_{B \text{ kanan}} &= 3765,13 \times 1,7 - \frac{1}{2} \times 1421,60 \times 1,7^2 \\
 &= 4346,51 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

b. Gaya Lintang (D)

$$\begin{aligned}
 \text{Titik A} \quad D_{A \text{ kanan}} &= R_A = 3765,13 \text{ kg} \\
 D_{B \text{ kiri}} &= R_a - (q_1 \times 1,7) \\
 &= 1348,41 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Gaya Normal (N)

$$N_{A-B} = 0 \text{ kg}$$

### Pelat Tangga B-C ( 3,0 m )

a. Gaya Momen ( M )

$$M_{x_1} = R_C \times x_2 - \frac{1}{2} q_2 \times x_2^2$$

Momen maksimum apabila :

$$\frac{\Sigma M_{x_2}}{\Sigma X_2} = 0$$

$$R_C - q_2 \times x_2 = 0$$

$$x_2 = \frac{R_C}{q_2} = \frac{4246,09}{1864,83} = 2,28 \text{ m} < 3,0 \text{ m}$$

Momen maksimum terjadi di titik  $X_2 = 2,28 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{max}} &= R_C \times x_2 - \frac{1}{2} q_2 \times x_2^2 \\
 &= 4246,09 \times 2,28 - \frac{1}{2} \times 1864,83 \times 2,28^2 \\
 &= 4834,01 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Titik C,  $M_C = 0 \text{ kgm}$

$$\begin{aligned}
 M_{B \text{ kanan}} &= R_C \times x_2 - \frac{1}{2} q_2 \times x_2^2 \\
 &= 4246,09 \times 3,0 - \frac{1}{2} \times 1864,83 \times 3,0^2 \\
 &= 4346,51 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

b. Gaya Lintang (D)

$$\begin{aligned}
 D_x &= R_c \cos 27,92^\circ - (q_2 \cos 27,15^\circ \times x_2) \\
 D_x &= 4246,09 \cos 27,92^\circ - (1864,83 \cos 27,92^\circ \times x_2)
 \end{aligned}$$

Titik C ( $X_2 = 0$ ) ;  $D_C = 3753,54 \text{ kg}$

Titik B ( $X_2 = 3,0 \text{ m}$ ) ;  $D_B = -1192,00 \text{ kg}$

c. Gaya Normal (N)

$$\text{Titik C ; } N_c = -R_c \sin 27,92^\circ = -4246,09 \times \sin 27,92^\circ$$

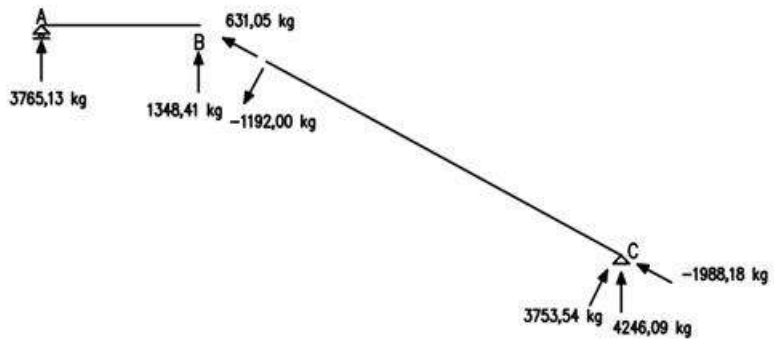
$$N_c = -1988,18 \text{ kg}$$

$$\text{Titik B ; } N_B = -R_c \sin 27,92^\circ + q_2 \sin 27,92^\circ \times 3,0 \text{ m}$$

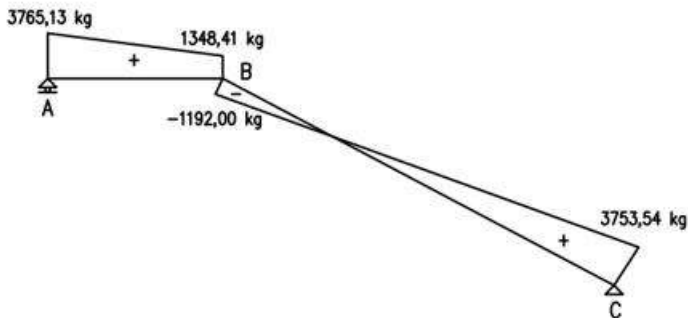
$$N_B = -4246,09 \sin 27,92^\circ + 1864,83$$

$$\sin 27,92^\circ \times 3,0 \text{ m}$$

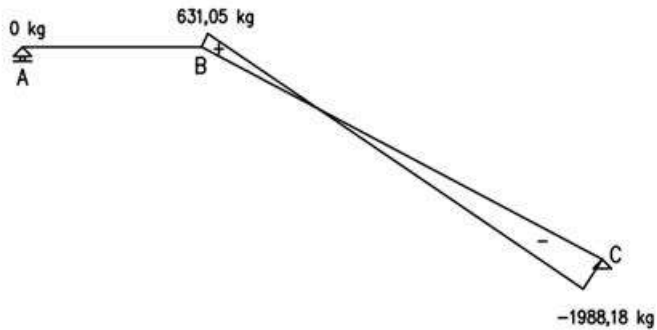
$$N_B = 631,05 \text{ kg}$$



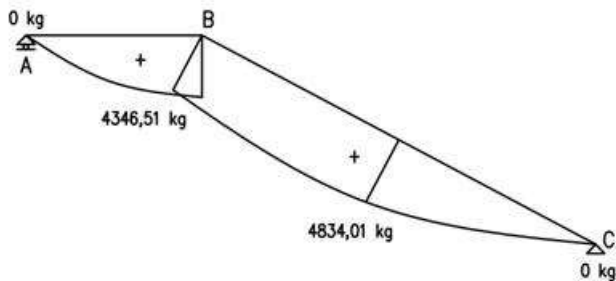
**Gambar 4.21** Free Body Diagram Gaya-Gaya pada Tangga



**Gambar 4.22** Bidang Lintang (D) pada Tangga



**Gambar 4.23** Bidang Normal (N) pada Tangga



**Gambar 4.24** Bidang Momen (M) pada Tangga

#### 4.2.3.4. Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

##### ▪ Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Data – Data Perencanaan

Mutu beton ( $f'_c$ )	= 35 MPa
Mutu baja ( $f_y$ )	= 400 MPa
Berat jenis beton	= 2400 MPa
D tulangan lentur	= 13 mm
Tebal pelat tangga	= 200 mm
Tebal pelat bordes	= 200 mm
Tebal selimut beton	= 20 mm

Untuk mutu beton  $f'_c = 35$  MPa berdasarkan SNI-2847-2013  
Pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05$$

$$\beta_1 = 0,80$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$d = 200 - 20 - (0,5 \times 13) = 173,5 \text{ mm}$$

### **Penulangan pelat tangga**

➤ Tulangan utama

$$M_{\max} = 4834,01 \text{ kgm} = 48340100 \text{ Nmm}$$

Dipakai koefisien faktor reduksi :  $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times 1000 \times d^2} = \frac{48340100}{0,9 \times 1000 \times 173,5^2} = 1,78$$

$\rho_{\min} = 0,002$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.3.3 (a)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,78}{400}} \right) = 0,005 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,005 > \rho_{\min} = 0,002$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,005 \times 1000 \times 173,5 = 798,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_{s_{\text{perlu}}} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{798,14 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 1000)} = 11,40 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'c-28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(35-28)}{7} = 0,75$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{11,40}{0,75} = 15,20$$

- Regangan Tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

- Regangan Tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (173,5 - 15,20)}{15,20} = 0,031 > \varepsilon_0 \text{ ...OK}$$

- Jarak tulangan yang diperlukan

$$S_{\text{perlu}} = \frac{1000 \times A_s \phi 13}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1000 \times 132,73}{798,14} = 166,30 \text{ mm}$$

- Syarat jarak maksimum tulangan

$$\text{Syarat: } s \leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)}$$

$$s \leq 3(200) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan lentur D13-125 mm ( $A_s = 1194,59 \text{ mm}^2$ )

➤ Penulangan lentur arah melintang pelat

Penulangan arah y dipasang tulangan susut dan suhu dengan :

$$\rho = 0,0018 \text{ untuk } f_y = 400 \text{ Mpa}$$

(SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$A_{s\text{perlu}} = 0,0018 \times b \times h$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 173,5 = 312,3 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan lentur Ø8-100 mm ( $A_s = 502,65 \text{ mm}^2$ )

### **Penulangan pelat bordes**

➤ Tulangan utama

$$M_{\text{max}} = 4346,51 \text{ kgm} = 43465100 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times 1000 \times d y^2} = \frac{43465100}{0,9 \times 1000 \times 173,5^2} = 1,60$$

$\rho_{\min} = 0,002$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.3.3 (a)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,60}{400}} \right) = 0,004 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,004 > \rho_{\min} = 0,002$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,004 \times 1000 \times 173,5 = 715,74 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{A_{s \text{ perlu}} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{715,74 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 1000)} = 10,22 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(35 - 28)}{7} = 0,75$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{10,22}{0,75} = 13,63$$

- Regangan Tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

- Regangan Tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \times (d x - c)}{c} = \frac{0,003 \times (173,5 - 13,63)}{13,63} = 0,035 > \varepsilon_0 \dots \text{OK}$$

- Jarak tulangan yang diperlukan

$$S_{\text{perlu}} = \frac{1000 \times A_{s \emptyset 13}}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{1000 \times 132,73}{715,74} = 185,45 \text{ mm}$$

- Syarat jarak maksimum tulangan

Syarat:  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)

$$s \leq 3(200) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 600 \text{ m atau } 450 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan lentur D13-125 mm ( $A_s = 1194,59 \text{ mm}^2$ )

➤ Penulangan lentur arah melintang pelat

Penulangan arah y dipasang tulangan susut dan suhu dengan :

$$\rho = 0,0018 \text{ untuk } f_y = 400 \text{ Mpa}$$

(SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$A_{s\text{perlu}} = 0,0018 \times b \times h$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 173,5 = 312,3 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan lentur Ø8-100 mm ( $A_s = 502,65 \text{ mm}^2$ )

▪ Perencanaan dimensi balok bordes

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times L = \frac{1}{12} \times 350 = 29,17 \approx 45 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 45 = 30 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi balok bordes 30/45

▪ Pembebanan Balok Bordes

Beban Mati

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \times 0,45 \times 240 = 324 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 2 \times 250 = 500 \text{ kg/m} +$$

$$q_d = 824 \text{ kg/m}$$

$$q_d \text{ ultimate} = 1,2 \times q_d = 1,2 \times 824 = 988,80 \text{ kg/m}$$

$$\text{beban pelat bordes} = 1421,60 \text{ kg/m} +$$

$$q_u = 2410,40 \text{ kg/m}$$

$$M_{\max} = 1/10 \times (2410,40 \times 3,35^2) = 2705,07 \text{ kgm} = 27050700 \text{ Nmm}$$

$$V = (2410,40 \times 3,35) = 8074,84 \text{ kg} = 80748,4 \text{ N}$$

▪ Penulangan Lentur Balok Bordes

Direncanakan :



Diameter sengkang = 10 mm  
 Diameter tulangan utama = 16 mm  
 Sehingga  $d = 450 - 20 - 10 - 16/2 = 412 \text{ mm}$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

Dipakai koefisien faktor reduksi :  $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{27050700}{0,9 \times 300 \times 412^2} = 0,59$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,59}{400}} \right) = 0,001 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,001 < \rho_{\min} = 0,002$  dipakai  $\rho_{\min}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

Tulangan lentur tarik

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,002 \times 300 \times 412 = 247,20 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\phi 16}}} \\ &= \frac{247,20}{201,6} = 1,23 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2D16 ( $A_s = 402,20 \text{ mm}^2$ )

Tulangan lentur tekan

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 247,20 = 123,60 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan

2D16 ( $A_s = 402,20 > A_s'$ ) ..... OK

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As_{pasang} \times f_y}{(0,80 \times f'_c \times b)} = \frac{402,20 \times 400}{(0,80 \times 35 \times 300)} = 19,15 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(35 - 28)}{7} = 0,75$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{19,15}{0,75} = 25,53$$

- Regangan Tarik

$\epsilon_0 = 0,003$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3

- Regangan Tarik netto

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_0 \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (412 - 25,53)}{25,53} = 0,045 > \epsilon_0 \text{ ...OK}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned} M_{n \text{ rencana}} &= A s_{pasang} \times f_y \times d - \frac{a}{2} = 402,20 \times 400 \times (412 - \frac{19,15}{2}) \\ &= 64729977,80 \text{ Nmm} = 6473,00 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi M_{n \text{ rencana}} = 0,9 \times 6473,00 = 5825,70 \text{ kgm}$$

- Kontrol kekuatan lentur nominal reduksi terhadap momen ultimit

$$\phi M_{n \text{ rencana}} > M_u \rightarrow 5825,70 \text{ kgm} > 2705,07 \text{ kgm} \text{ ..OK}$$

■ Penulangan Geser Balok Bordes

$$V_u \text{ total} = 8074,84 \text{ kg} = 80748,4 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 300 \times 412 = 112830,85 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 112830,85 = 84623,14 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 84623,14 = 42311,57 \text{ N}$$

$$\phi V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times \sqrt{35} \times 300 \times 412 = 243742,49 \text{ N}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.5(5.1) : Bila  $V_u$  kurang dari setengah kuat geser yang disumbangkan oleh beton  $\phi V_c$ , maka tidak perlu diberi tulangan geser. Karena  $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$  maka diperlukan tulangan geser minimum.

$\phi V_s$  perlu =  $\phi V_s$  min = 243742,49 N

Diameter tulangan geser = 10 mm

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2 = 157,080 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,080 \times 400 \times 412}{243742,49} = 106,2 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan geser  $\phi 10 - 100 \text{ mm}$

#### 4.2.4. Perencanaan Balok Lift

##### 4.2.4.1. Data Perencanaan

Perencanaan yang dilakukan pada lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada bangunan ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Hyundai Elevator dengan data-data spesifikasi sebagai berikut :

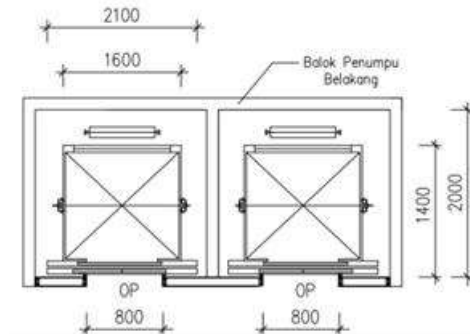
Tipe Lift	: Passenger Elevator
Kapasitas	: 450 Kg
Kecepatan	: 60 m/min
Dimensi sangkar ( car size )	
- Car Wide (CW)	: 1460 mm
- Car Depth (CD)	: 1005 mm
- Opening	: 800 mm
Dimensi ruang luncur ( Hoistway )	
- Hoistway width (HW)	: 1800 mm
- Hoistway Depth (HD)	: 1430 mm
Beban reaksi ruang mesin	
$R_1$	: 3600 kg
$R_2$	: 2000 kg

Untuk lebih jelasnya mengenai spesifikasi lift berikut disajikan dalam tabel 5.5 :

**Tabel 4.5** Spesifikasi Passenger Elevator

Standard Dimensions &amp; Reactions

Speed (m/min)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)		
	Persons	kg		OP	Internal		A X1	B X2	C X3	Y	1Car		3Cars		R1	R2
					CA x CB	A x B					MX1	MX2	MX3	MY		
60	6	450	800	1400 x 850	1440 x 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3400	2000	
	8	550	800	1400 x 1030	1440 x 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	
	9	600	800	1400 x 1130	1440 x 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	
	10	700	800	1400 x 1250	1440 x 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	
90	11	750	800	1400 x 1350	1440 x 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	
	13	900	900	1600 x 1350	1640 x 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	
105	15	1000	900	1600 x 1500	1640 x 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	
120	17	1150	1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900		6400	5100
			1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800			
150	20	1350	1000	1800 x 1700	1900 x 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200		7800	6000
			1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000			
	24	1600	1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300		8500	6800
				2150 x 1600	2250 x 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200			

**Gambar 4.25** Denah Lift

Perencanaan Dimensi Balok Penumpu Lift

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 2000 \text{ cm} = 12,50 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 55 \text{ cm} = 35 \text{ cm}$$

Dirancang dimensi balok 35/55 cm

#### 4.2.4.2. Pembebanan lift

1. Beban yang bekerja pada balok penumpu

Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift + berat kereta luncur + perlengkapan, dan akibat bandul pemberat + perlangkapan.

2. Koefisien kejut beban hidup oleh keran

Pasal 3.3.(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut :

$$\Psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

Dimana :

$\Psi$  = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15.

$v$  = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/s.

$k_1$  = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

$k_2$  = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$\begin{aligned} P &= R \times \Psi &&= (3600+2000) \times (1+0,6 \times 1,3 \times 1) \\ &&&= 9968 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4.2.4.3. Balok Penggantung Lift 35/55

##### a. Pembebanan

Beban mati lantai :

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,55 \times 0,35 \times 2400 = 462 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat total (qd)} = 462 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = 1,2q_d = 1,2 (462) = 554,4 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat lift  $P = 9968 \text{ kg}$

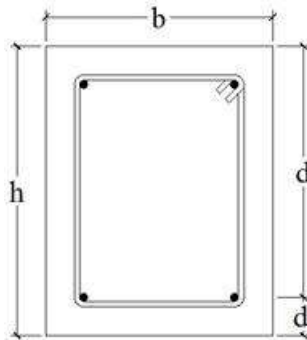
$$V_u = \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} P$$

$$= \frac{1}{2} \times 554,4 \times 1,95 + \frac{1}{2} \times 9968 = 5524,54 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} PL$$

$$= \frac{1}{8} \times 554,4 \times 1,95^2 + \frac{1}{4} \times 9968 \times 1,95 = 5122,913 \text{ kgm}$$

$$= 51229132 \text{ Nmm}$$



**Gambar 4.26** Penampang Balok

$$d = h - \text{decking} - \text{Sengkang} - \left(\frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}}\right)$$

$$d = 550 - 30 - 10 - \frac{16}{2} = 502 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \text{Sengkang} + \left(\frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}}\right)$$

$$d' = 30 + 10 + \frac{16}{2} = 48 \text{ mm}$$

Pada perencanaan awal,  $\emptyset$  diasumsikan 0,9 dan menggunakan 1 lapis tulangan.

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{51229132}{0,9 \times 350 \times 502^2} = 0,645 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 35}{400} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,645}{0,85 \times 35}} \right)$$

$$= 0,00163$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\text{Syarat} \quad : \quad \begin{array}{ccc} \rho_{\text{min}} & = & \rho_{\text{perlu}} \\ 0,0035 & > & 0,00163 \end{array}$$

Maka, dipakai  $\rho_{\text{min}} = 0,0035$

- Luas Tulangan

$$\begin{aligned} A_s_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 350 \times 502 \\ &= 614,95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16mm ( $A_{D16} = 201,06 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{s_{\text{pakai}}}}{A_{D16}} \\ &= \frac{614,95}{201,06} = 3,058 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jadi, tulangan lentur tarik 4D16 ( $A_s = 804,24 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} \text{Cek} \quad : \quad A_s_{\text{perlu}} &< A_{s_{\text{pakai}}} \\ : \quad 614,95 \text{ mm}^2 &< 804,24 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

Kontrol Spasi Tulangan ( $A_s$ ) :

Menurut SNI 2847-2013 ps 21.3.4.2, jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang

tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar balok yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$S = \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{sengkang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n - 1} \geq$$

$$25 \text{ mm}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 30 - 2 \times 10 - 4 \times 16}{4 - 1}$$

$$= 68,66 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (Ok)}$$

Kontrol Regangan :

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{804,24 \times 400}{0,85 \times 35 \times 350}$$

$$= 30,90 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - (0,05 \times (f'_c - 28) / 7)$$

$$= 0,85 - (0,05 \times (35 - 28) / 7) = 0,80$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{30,90}{0,80} = 38,63 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} 0,003 = \frac{502 - 38,63}{38,63} 0,003$$

$$= 0,035 > 0,005 \rightarrow \text{terkendali tarik}$$

Kontrol Momen Kapasitas :

Dipakai  $\emptyset = 0,9$

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 804,24 \times 400 \left( 502 - \frac{1}{2} \times 30,90 \right)$$

$$= 127449521,3 \text{ Nmm} = 12744,95 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 12744,95 \text{ kgm} > M_u = 5122,9 \text{ kgm (OK)}$$



Perencanaan Tulangan Lentur pada Tumpuan ( $A_s'$ ):

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar  $\frac{1}{2}$  dari kekuatan lentur tarik atau minimal 2 buah tulangan, berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2.

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 804,24 = 402,12 \text{ mm}^2$$

Jadi, tulangan lentur tekan 2D16 ( $A_s' = 402,12 \text{ mm}^2$ )

Kontrol Spasi Tulangan ( $A_s'$ ) :

Menurut SNI 2847-2013 ps 21.3.4.2, jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar balok yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$S = \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{senggang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{350 - 2 \times 30 - 2 \times 10 - 2 \times 16}{2 - 1} = 119 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (Ok)}$$

### **Penulangan Geser**

$$V_u = 5524,54 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset (0,17 \lambda \sqrt{f'c} b d)$$

$$\emptyset V_c = 0,75 (0,17 \times 1 \sqrt{35} \times 350 \times 502) \times 10^{-1}$$

$$\emptyset V_c = 13253,05 \text{ kg}$$

$$1/2 \emptyset V_c \leq V_u$$

$$4969,90 \text{ kg} \leq 5524,54 \text{ kg}$$

Kekuatan geser balok tidak mencukupi, dengan demikian dipasang tulangan geser minimum.

$$V_{c1} = 0,333 \sqrt{f'c} b w d$$

$$V_{c1} = 0,333 \sqrt{35} (350)(502) = 34613,89 \text{ kg}$$

$$V_s \leq V_{c1}$$

$$0 \leq 34613,89 \text{ kg}$$

Digunakan D-10, dua kaki ( $A_v=157 \text{ mm}^2$ ) pada jarak maksimum, yang dipilih dari nilai terkecil antara:

$$s_1 = \frac{d}{4} = \frac{442}{4} = 110,5 \text{ mm}$$

$$s_2 = 8 \times D16 = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$s_3 = 24 \times D10 = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$$

$$s_4 = 300 \text{ mm}$$

$$s_5 = \frac{d}{2} = \frac{442}{2} = 221 \text{ mm}$$

Dipakai  $s = 100 \text{ mm}$  (dipasang sengkang Ø10-100)

#### **b. Kontrol Lendutan**

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 2847:2013 tabel 9.5(a), syarat tebal minimum balok apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

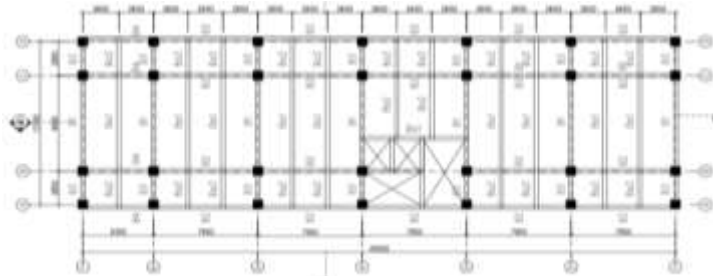
$$h_{min} = \frac{1}{16} \times L_b$$

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak preliminary design telah direncanakan agar tinggi dari masing-masing tipe balok lebih besar dari persyaratan  $h_{min}$ .

### 4.3. PEMODELAN STRUKTUR

#### 4.3.1. Umum

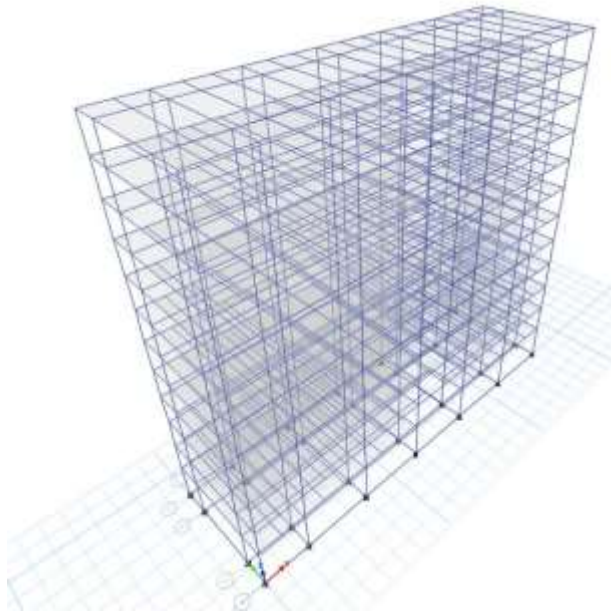
Struktur bangunan Gedung Prime Biz Hotel memiliki 11 lantai dengan ketinggian total 43,10 m. Pemodelan struktur gedung menggunakan *software* ETABS 2013 dan persyaratan SNI 1726-2012 (gempa) dan SNI 1727-2013 (beban minimum). Dalam pemodelan ini, elemen struktural yang dimodelkan adalah kolom, balok, dan pelat lantai. Secara keseluruhan, sistem struktur ini adalah simetris dan termasuk tidak beraturan, sehingga perlu dilakukan analisis respon dinamis secara 3D.



**Gambar 4.28** Denah Struktur Gedung Prime Biz Hotel



**Gambar 4.28** Potongan Struktur Gedung Prime Biz Hotel



**Gambar 4.29** Model 3D Struktur Gedung Prime Biz Hotel

#### **4.3.2. Pembebanan**

##### **4.3.2.1. Beban Mati**

a. Beban Mati Struktural

Beban mati struktural merupakan berat sendiri bangunan yang memiliki fungsi struktural untuk menahan beban. Beban mati struktural yang diperhitungkan adalah beban struktural beton bertulang, yaitu sebesar  $2400 \text{ kg/m}^3$ .

b. Beban Mati Tambahan atau *SIDL*

Beban mati tambahan merupakan berat elemen nonstruktural yang secara permanen membebani struktural.

- 1) Beban Mati Tambahan pada Lantai 1 s.d. 11
 

Ubin	= $0,02 \times 2400 = 48$	kg/m <sup>2</sup>
Spesi (t=20mm)	= $0,02 \times 2100 = 42$	kg/m <sup>2</sup>
Plafond + penggantung	= $11 + 7$	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Ducting Ac + pipa	= $10 + 5$	<u>= 15 kg/m<sup>2</sup> +</u>
SIDL lantai		= 123 kg/m <sup>2</sup>
- 2) Beban Mati Tambahan pada Lantai Atap
 

Aspal	= 14	kg/m <sup>2</sup>
Plafond + penggantung	= 18	kg/m <sup>2</sup>
Ducting Ac + pipa	<u>= 15</u>	<u>kg/m<sup>2</sup> +</u>
SIDL atap		= 47 kg/m <sup>2</sup>
- 3) Beban Dinding
 

Berat dinding	= 250	kg/m <sup>2</sup>
a) Beban dinding lt. Base	= $250 \times 4,6 = 1150$	kg/m <sup>2</sup>
b) Beban dinding lt.1 - lt.11	= $250 \times 3,5 = 875$	kg/m <sup>2</sup>

#### 4.3.2.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin, serta peralatan yang bukan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup gedung tersebut. Beban hidup yang bekerja pada pelat lantai untuk bangunan kampus adalah 157,68 kg/m<sup>2</sup>, sedangkan beban hidup yang bekerja pada lantai atap adalah 96 kg/m<sup>2</sup>.

#### 4.3.2.3. Beban Gempa Rencana

Analisis gempa yang akan dikenakan pada struktur gedung menggunakan analisis spektrum respons. Berdasarkan

SNI 1726-2012, spektrum respons gempa rencana desain harus dibuat terlebih dahulu. Dengan data percepatan batuan dasar  $S_s = 0,633$  dan  $S_1 = 0,184$  yang berada di kota Surabaya, tahap-tahap yang perlu dilakukan untuk membuat spektrum respons gempa rencana desain dapat dilakukan sebagai berikut.

**a. Kategori Risiko (I) dan Faktor Keutamaan (Ie)**

Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012, struktur ini termasuk dalam kategori risiko II dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) 1,00.

**b. Jenis Tanah**

Berdasarkan hasil tes *boring* yang dilakukan di lapangan, diperoleh nilai N-SPT tanah rata-rata untuk kedalaman 30 meter yaitu  $N = 27,10$  ( $< 50$ ). Dengan hasil tersebut, berdasarkan pasal 5.3 SNI 1726-2012, maka kategori tanah yang ada di lapangan merupakan Tanah Sedang (SD).

**c. Koefisien Situs**

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726-2012, koefisien situs ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai  $S_s$  dan  $S_1$  dan kelas situs yang berdasarkan jenis tanah.

$$S_s = 0,633$$

$$S_1 = 0,184$$

$$F_a = 1,135$$

$$F_v = 1,553$$

Penentuan nilai SMS dan SM1:

$$SMS = F_a \times S_s$$

$$SMS = 1,135 \times 0,633$$

$$SMS = 0,72$$

$$SM1 = F_v \times S_1$$

$$SM1 = 1,553 \times 0,184$$

$$SM1 = 0,29$$

#### d. Parameter Percepatan Spektral Desain

Berdasarkan pasal 6.3 SNI 1726-2012, parameter percepatan spektral desain, yaitu SDS dan SD1 ditentukan berdasarkan rumus di bawah ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} (0,72)$$

$$S_{DS} = 0,48$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} (0,29)$$

$$S_{D1} = 0,19$$

Dengan nilai-nilai tersebut, berdasarkan pasal 6.5 SNI 1726-2012 struktur gedung diklasifikasikan sebagai kategori desain seismik kategori C.

#### e. Sistem Penahan Gaya Seismik

Untuk kategori desain seismik C, dapat digunakan Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) pada arah x dan arah y. Parameter sistem struktur untuk arah X dan arah Y dengan rangka beton bertulang pemikul momen menengah adalah:

$$R_0 = 5$$

$$\Omega_0 = 3$$

$$C_d = 4,5$$

### f. Spektrum Respons Desain

Penentuan nilai  $T_0$  dan  $T_s$ :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_0 = 0,2 \frac{0,19}{0,48}$$

$$T_0 = 0,08$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

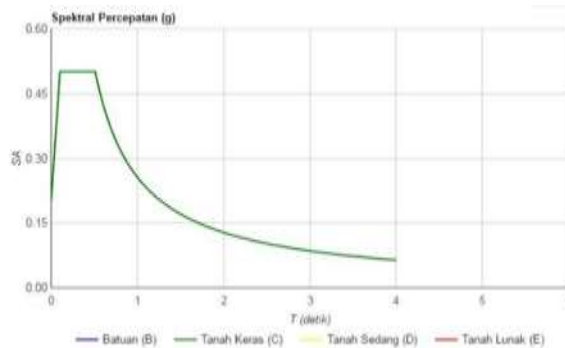
$$T_s = \frac{0,19}{0,48}$$

$$T_s = 0,40$$

Untuk periode yang lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dengan bantuan *software* Spektra Indo, spektrum gempa rencana sesuai letak gedung tersebut didapatkan sebagai berikut.



**Gambar 4.30** Spektrum Respons Gempa Rencana



**g. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen**

Berikut ini akan dihitung koefisien respons seismik,  $C_s$ , berdasarkan pasal 7.8.1.1 SNI 1726-2012.

1)  $C_s$  maksimum

$$C_{s_{maksimum}} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s_{maksimum}} \text{ arah } X = \frac{0,48}{\left(\frac{5}{1}\right)} = 0,096$$

$$C_{s_{maksimum}} \text{ arah } Y = \frac{0,48}{\left(\frac{5}{1}\right)} = 0,096$$

2)  $C_s$  hitungan

$$C_{s_{hasil \text{ hitungan}}} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s_{hasil \text{ hitungan}}} \text{ arah } X = \frac{0,19}{1,613 \left(\frac{5}{1}\right)} = 0,024$$

$$C_{s_{hasil \text{ hitungan}}} \text{ arah } Y = \frac{0,19}{1,629 \left(\frac{5}{1}\right)} = 0,023$$

3)  $C_s$  minimum

$$C_{s_{minimum}} = 0,044 S_{DS} I \geq 0,01$$

$$C_{s_{minimum}} \text{ arah } X = (0,044)(0,19)(1) = 0,021$$

$$C_{s_{minimum}} \text{ arah } Y = (0,044)(0,19)(1) = 0,021$$

Untuk arah X didapat nilai  $C_s$  sebagai berikut.

$$C_s \text{ minimum arah } X = 0,021$$

$$C_s \text{ hitungan arah } X = 0,024$$

$$Cs \text{ maksimum arah X} = 0,096$$

Nilai Cs yang digunakan adalah 0,024 karena Cs hitungan terletak diantara interval Cs minimum dan Cs maksimum.

Untuk arah Y didapat nilai Cs sebagai berikut.

$$Cs \text{ minimum arah Y} = 0,021$$

$$Cs \text{ hitungan arah Y} = 0,023$$

$$Cs \text{ maksimum arah Y} = 0,096$$

Nilai Cs yang digunakan adalah 0,023 karena Cs hitungan terletak diantara interval Cs minimum dan Cs maksimum.

#### **h. Periode Fundamental Pendekatan**

Periode fundamental (T) yang digunakan memiliki nilai batas maksimum dan batas minimum sesuai pasal 7.8.2.1 SNI 1726-2012, yaitu:

$$Ta_{minimum} = C_t h_n^x$$

$$Ta_{maksimum} = C_u Ta_{minimum}$$

1) Arah X

$$Ta_{minimum} = 0,0466 (43,1)^{0,9} = 1,379 \text{ detik}$$

$$Ta_{maksimum} = 1,4 (1,379) = 1,930 \text{ detik}$$

2) Arah Y

$$Ta_{minimum} = 0,0466 (43,1)^{0,9} = 1,379 \text{ detik}$$

$$Ta_{maksimum} = 1,4 (1,379) = 1,930 \text{ detik}$$

#### **1. Kombinasi Pembebanan**

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 4.2.2, faktor-faktor dan kombinasi beban ultimit untuk beban mati nominal (D), beban hidup nominal (L), beban angin nominal (W), dan beban gempa nominal (E) adalah:

a. 1,4D

b. 1,2D + 1,6L

- c.  $1,2D + 1,0W + L$
- d.  $1,2D + 1,0E + L$
- e.  $0,9D + 1,0W$
- f.  $0,9D + 1,0E$

## A. Hasil Analisa Struktur

### 1. Periode Struktur

Periode struktur (T) yang didapat dari analisis 3 dimensi ETABS adalah:

$$T \text{ arah X ETABS} = 1,613 \text{ detik}$$

$$T \text{ arah Y ETABS} = 1,629 \text{ detik}$$

Dilakukan kontrol terhadap  $T_a$  minimum dan  $T_a$  maksimum pada masing-masing arah.

#### a. Arah X

Periode struktur (T) hasil analisis ETABS berada di dalam interval antara  $T_a$  minimum dan  $T_a$  maksimum. Jadi digunakan T hasil analisis ETABS, yaitu 1,613 detik.

#### b. Arah Y

Periode struktur (T) hasil analisis ETABS berada di dalam interval antara  $T_a$  minimum dan  $T_a$  maksimum. Jadi digunakan T hasil analisis ETABS, yaitu 1,629 detik.

### 2. Berat Bangunan

Bagian ini merupakan kontrol berat bangunan yang dihitung secara manual dan dihitung secara komputerisasi oleh ETABS. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kesalahan pemasukan data pada ETABS.

**Tabel 4.6** Kontrol Berat Bangunan

<b>Komponen</b>	<b>Manual (Kn)</b>	<b>ETABS (Kn)</b>
Lantai Dak	658535.17	707594.82
Lantai 11	829627.42	900662.13
Lantai 10	829627.42	900662.13
Lantai 9	829627.42	900662.13
Lantai 8	829627.42	900662.13
Lantai 7	846091.42	913042.53
Lantai 6	862555.42	929506.53
Lantai 5	862555.42	929506.53
Lantai 4	862555.42	929506.53
Lantai 3	862555.42	929506.53
Lantai 2	862555.42	929506.53
Lantai 1	921501.67	950296.53
Lantai Dasar	502912.50	586306.42
<b>Wt</b>	10560327.58	11407421.47

Dari hasil perhitungan di atas didapat selisih berat bangunan sebesar 3,86%, nilai ini masih berada di bawah batas selisih toleransi berat bangunan, yaitu 5%. Karena dalam perhitungan berat bangunan manual mengabaikan adanya rongga (*void*) pada struktur gedung, maka untuk perhitungan selanjutnya, akan digunakan berat bangunan yang dihitung oleh ETABS.

### 3. Gaya Geser Dasar Nominal Statik Ekuivalen

Beban geser dasar nominal statik ekuivalen adalah:

$$V = C_s W_t$$

Distribusi vertikal gaya gempa ditentukan berdasarkan:

$$F_i = C_{vx} V = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} V$$

Distribusi horizontal gaya gempa dapat ditentukan berdasarkan:

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i$$

**Tabel 4.7** Gaya Geser Dasar Ekuivalen Arah X

Lantai	Tinggi	Berat Lantai	w * h <sup>k</sup>	Cvx	Fx	Vx
	(m)	(kN)	(kNm)		(kN)	(kN)
Lantai Dak	43.1	7075.948	13144352.136	0.177	477.812	477.812
Lantai 11	39.6	9006.621	14123823.258	0.191	513.417	991.229
Lantai 10	36.1	9006.621	11737518.944	0.158	426.672	1417.901
Lantai 9	32.6	9006.621	9571876.853	0.129	347.949	1765.849
Lantai 8	29.1	9006.621	7626896.983	0.103	277.246	2043.096
Lantai 7	25.6	9130.425	5983715.525	0.081	217.515	2260.611
Lantai 6	22.1	9295.065	4539802.843	0.061	165.027	2425.638
Lantai 5	18.6	9295.065	3215720.791	0.043	116.895	2542.533
Lantai 4	15.1	9295.065	2119367.839	0.029	77.041	2619.574
Lantai 3	11.6	9295.065	1250743.987	0.017	45.466	2665.040
Lantai 2	8.1	9295.065	609849.234	0.008	22.169	2687.209
Lantai 1	4.6	9502.965	201082.746	0.003	7.310	2694.518
Lantai Dasar	0	5863.064	0.000	0.000	0.000	2694.518
TOTAL		114074.215	74124751.139	1.000	2694.518	

**Tabel 4.8** Gaya Geser Dasar Ekuivalen Arah Y

Lantai	Tinggi	Berat Lantai	$w * h^k$	$C_{vx}$	F <sub>x</sub>	V <sub>x</sub>
	(m)	(kN)	(kNm)		(kN)	(kN)
Lantai Dak	43.1	7075.948	13144352.136	0.177	473.119	473.119
Lantai 11	39.6	9006.621	14123823.258	0.191	508.374	981.493
Lantai 10	36.1	9006.621	11737518.944	0.158	422.481	1403.974
Lantai 9	32.6	9006.621	9571876.853	0.129	344.531	1748.505
Lantai 8	29.1	9006.621	7626896.983	0.103	274.523	2023.029
Lantai 7	25.6	9130.425	5983715.525	0.081	215.378	2238.407
Lantai 6	22.1	9295.065	4539802.843	0.061	163.406	2401.813
Lantai 5	18.6	9295.065	3215720.791	0.043	115.747	2517.560
Lantai 4	15.1	9295.065	2119367.839	0.029	76.285	2593.845
Lantai 3	11.6	9295.065	1250743.987	0.017	45.019	2638.864
Lantai 2	8.1	9295.065	609849.234	0.008	21.951	2660.815
Lantai 1	4.6	9502.965	201082.746	0.003	7.238	2668.053
Lantai Dasar	0	5863.064	0.000	0.000	0.000	2668.053
TOTAL		114074.215	74124751.139	1.000	2668.053	

Nilai  $k = 2$  untuk arah x dan  $k = 2$  untuk arah y ditentukan berdasarkan pasal 7.8.3 SNI 1726-2012. Jadi, didapat nilai gaya lateral ekuivalen untuk masing-masing arah adalah:

$$V_x = C_{s_x} W_t = 0,024 \times 114074.215 = 2694,52 \text{ kN}$$

$$V_y = C_{s_y} W_t = 0,023 \times 114074.215 = 2668,05 \text{ kN}$$

Sedangkan, besarnya gaya lateral akibat respons dinamik ( $V_t$ ) yang dihasilkan ETABS adalah:

$$V_{t_x} = 3150,10 \text{ kN}$$

$$V_{t_y} = 3109,83 \text{ kN}$$

Berdasarkan pasal 7.9.4.1 SNI 1726-2012, nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama.

$$V_t \geq 0,85 V$$

Bila respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85% dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan 0,85 ( $V/V_t$ ). Maka:

$$0,85 V_x = 0,85 \times 2694,52 = 2290,34 \text{ kN}$$

$$0,85 V_y = 0,85 \times 2668,05 = 2267,85 \text{ kN}$$

Kontrol:

$$V_{t_x} = 3150,10 \text{ kN} \geq 0,85 V_x = 2290,34 \text{ kN (OK)}$$

$$V_{t_y} = 3109,83 \text{ kN} \geq 0,85 V_y = 2267,85 \text{ kN (OK)}$$

Maka tidak perlu dikalikan dengan factor skala.

#### 4. Periode ETABS dan *Modal Participating Mass Ratio*

Berikut ini merupakan tabel untuk periode ETABS dan *Modal Participating Mass Ratio* berdasarkan SNI 1726-2012.

**Tabel 4.9** Periode Struktur dan Rasio Partisipasi Massa

Mode	Periode	UX	UY	UZ	Sum	Sum	Penjelasan
	detik				UX	UY	
1	1.629	0.000	0.759	0	0.000	0.759	<i>First Mode X</i>
2	1.613	0.824	0.000	0	0.824	0.759	<i>First Mode Y</i>
3	1.420	0.000	0.014	0	0.824	0.774	<i>First Mode Torsion</i>
4	0.544	0.102	0.000	0	0.926	0.774	<i>Second Mode X</i>
5	0.513	0.000	0.147	0	0.926	0.921	<i>Third Mode X</i>
6	0.457	0.000	0.004	0	0.926	0.925	<i>Second Mode Y</i>
7	0.308	0.035	0.000	0	0.961	0.925	<i>Second Mode Torsion</i>
8	0.270	0.000	0.040	0	0.961	0.964	<i>Fourth Mode X</i>
9	0.244	0.000	0.002	0	0.961	0.966	<i>Fifth Mode X</i>
10	0.212	0.016	0.000	0	0.978	0.966	<i>Third Mode Y</i>
11	0.184	0.000	0.016	0	0.978	0.981	<i>Third Mode Torsion</i>
12	0.167	0.000	0.001	0	0.978	0.982	<i>Sixth Mode X</i>

#### 5. Kontrol Simpangan Antarlantai (*Story Drift*)

Berdasarkan SNI 1726-2012, simpangan antarlantai hanya ada saat kondisi kinerja batas ultimit saja. Tabel berikut ini merupakan hasil perhitungan simpangan antarlantai pada arah x dan y berdasarkan SNI 1726-2012 pada kondisi kinerja batas ultimit.



**Tabel 4.10** Simpangan Antarlantai Arah X

Lantai	Elevation	Total Drift X	Perpindahan	Story Drift	Story Drift Izin	Story Drift Izin < $\Delta a$
	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	( $\Delta a$ )	
Lantai Dak	43.1	28.7	0.70	3.150	70	OK
11	39.6	28.0	1.20	5.400	70	OK
10	36.1	26.8	1.60	7.200	70	OK
9	32.6	25.2	2.00	9.000	70	OK
8	29.1	23.2	2.30	10.350	70	OK
7	25.6	20.9	2.30	10.350	70	OK
6	22.1	18.6	2.60	11.700	70	OK
5	18.6	16.0	2.90	13.050	70	OK
4	15.1	13.1	3.00	13.500	70	OK
3	11.6	10.1	3.30	14.850	70	OK
2	8.1	6.8	3.40	15.300	70	OK
1	4.6	3.4	3.40	15.300	92	OK
Lantai Dasar	0	0.0	0.00	0.000	0	OK

**Tabel 4.11** Simpangan Antarlantai Arah Y

Lantai	Elevation (m)	Total Drift X (mm)	Perpindahan (mm)	Story Drift (mm)	Story Drift Izin ( $\Delta a$ )	Story Drift Izin < $\Delta a$
Lantai Dak	43.1	42.7	2.5	11.250	70	OK
11	39.6	40.2	2.8	12.600	70	OK
10	36.1	37.4	3.3	14.850	70	OK
9	32.6	34.1	3.5	15.750	70	OK
8	29.1	30.6	3.8	17.100	70	OK
7	25.6	26.8	3.6	16.200	70	OK
6	22.1	23.2	3.7	16.650	70	OK
5	18.6	19.5	3.8	17.100	70	OK
4	15.1	15.7	3.9	17.550	70	OK
3	11.6	11.8	3.9	17.550	70	OK
2	8.1	7.9	3.8	17.100	70	OK
1	4.6	4.1	4.1	18.450	92	OK
Lantai Dasar	0	0	0	0.000	0	OK

Contoh perhitungan simpangan antarlantai (*story drift*) kinerja batas ultimit pada lantai 10 arah Y:

- Nilai perpindahan elastis (*total drift*) dari ETABS yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekakuan pada lantai 10, yaitu 37,4 mm. Jadi nilai  $\delta_{e10} = 37,4\text{mm}$ .
- Nilai perpindahan elastis (*total drift*) dari ETABS yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekakuan pada lantai 9, yaitu 34,1 mm. Jadi nilai  $\delta_{e9} = 34,1\text{ mm}$ .
- Hitung simpangan atau perpindahan antar lantai untuk lantai 11 yaitu dengan persamaan  $(\delta_{e10} - \delta_{e9}) = (37,4 - 34,1) = 3,3\text{ mm}$ .

- d. Hitung nilai perpindahan antarlantai (*story drift*) yang diperbesar, yaitu:

$$\frac{(\delta_{e10} - \delta_{e9})Cd}{I_e} = 14,850 \text{ mm}$$

- e. Hitung nilai batas untuk simpangan antarlantai (*story drift*)  $\Delta_a$  yang terdapat pada pasal 7.12.1 SNI 1726-2012, yaitu:

$$\Delta_a < 0,01 h_{sx}$$

$$\Delta_a < 0,01 (3960 - 3610)$$

$$\Delta_a < 70 \text{ mm}$$

- f. Cek nilai simpangan antarlantai pada lantai 11, yaitu:

$$14,850 \text{ mm} < 70 \text{ mm (OK)}$$

#### 6. Pengaruh P- $\Delta$

Pengaruh P- $\Delta$  pada SNI 1726-2012 ditentukan berdasarkan nilai dari koefisien stabilitas ( $\theta$ ). Jika  $\theta < 0,1$ , pengaruh P- $\Delta$  dapat diabaikan. Berikut ini merupakan hasil perhitungan P- $\Delta$  pada masing-masing arah baik x dan y.

**Tabel 4.12** Kontrol Pengaruh P- $\Delta$  Arah X

Lantai	Elevation	Story Drift (X)	Gaya Geser	Beban Vertikal	Beban Vertikal	Stability	Cek
	(mm)	(mm)	Seismik (kN)	(kN)	Kumulatif (kN)	Ratio ( $\theta$ )	
Lantai Dak	43100	3.150	477.812	7075.948	7075.948	0.0002	<b>OK</b>
11	39600	5.400	991.229	9006.621	16082.570	0.0004	<b>OK</b>
10	36100	7.200	1417.901	9006.621	25089.191	0.0006	<b>OK</b>
9	32600	9.000	1765.849	9006.621	34095.812	0.0010	<b>OK</b>
8	29100	10.350	2043.096	9006.621	43102.433	0.0014	<b>OK</b>
7	25600	10.350	2260.611	9130.425	52232.859	0.0017	<b>OK</b>
6	22100	11.700	2425.638	9295.065	61527.924	0.0024	<b>OK</b>
5	18600	13.050	2542.533	9295.065	70822.989	0.0036	<b>OK</b>
4	15100	13.500	2619.574	9295.065	80118.055	0.0050	<b>OK</b>
3	11600	14.850	2665.040	9295.065	89413.120	0.0078	<b>OK</b>
2	8100	15.300	2687.209	9295.065	98708.185	0.0126	<b>OK</b>
1	4600	15.300	2694.518	9502.965	108211.151	0.0243	<b>OK</b>
Lantai Dasar	0	0.000	2694.518	5863.064	114074.215	0.0195	<b>OK</b>

**Tabel 4.13** Kontrol Pengaruh P- $\Delta$  Arah Y

Lantai	Elevation	Story Drift Y	Gaya Geser	Beban Vertikal	Beban Vertikal	Stability	Cek
	(mm)	(mm)	Seismik (kN)	(kN)	Kumulatif (kN)	Ratio ( $\theta$ )	
Lantai Dak	43100	11.250	473.119	7075.948	7075.948	0.0009	OK
11	39600	12.600	981.493	9006.621	16082.570	0.0012	OK
10	36100	14.850	1403.974	9006.621	25089.191	0.0016	OK
9	32600	15.750	1748.505	9006.621	34095.812	0.0021	OK
8	29100	17.100	2023.029	9006.621	43102.433	0.0028	OK
7	25600	16.200	2238.407	9130.425	52232.859	0.0033	OK
6	22100	16.650	2401.813	9295.065	61527.924	0.0043	OK
5	18600	17.100	2517.560	9295.065	70822.989	0.0057	OK
4	15100	17.550	2593.845	9295.065	80118.055	0.0080	OK
3	11600	17.550	2638.864	9295.065	89413.120	0.0114	OK
2	8100	17.100	2660.815	9295.065	98708.185	0.0174	OK
1	4600	18.450	2668.053	9502.965	108211.151	0.0361	OK
Lantai Dasar	0	0.000	2668.053	5863.064	114074.215	0.0289	OK

Contoh perhitungan pengaruh P- $\Delta$  pada lantai 11 arah y:

- Digunakan nilai simpangan antarlantai (*story drift*) yang telah didapat pada lantai 10 untuk arah y berdasarkan SNI 1726-2012 pada Tabel 6.9. Nilai *story drift* untuk lantai 10 arah y adalah  $\Delta_{10} = 14,850$  mm.
- Beban desain vertikal yang bekerja pada lantai 10 ( $P_{10}$ ) adalah penjumlahan antara beban mati dan beban hidup dengan kombinasi 1D + 1L yang bekerja pada lantai 10 dan lantai 11, yaitu:

$$P_{10} = P_{11} + P_{\text{lantai dak}} + 9006.621 = 25089,19 \text{ kN}$$

- Dihitung nilai koefisien stabilitas ( $\theta$ ), yaitu:

$$\theta = \frac{Px \Delta Ix}{Vx hsx Cd} = \frac{25089,19 (14,850)}{1403,974 (3610)(4,5)} = 0,0016$$

- d. Cek nilai koefisien stabilitas pada lantai 11, yaitu  $0,0016 < 0,1$  (OK), pengaruh P- $\Delta$  dapat diabaikan.

#### 7. Pengaruh Eksentrisitas dan Torsi

Torsi berdasarkan SNI 03-1726-2012 terdiri dari torsi bawaan dan torsi tak terduga. Eksentrisitas dari torsi bawaan dapat dilihat melalui ETABS. Berikut ini merupakan data eksentrisitas dari torsi bawaan yang didapat melalui ETABS untuk arah x dan y.

**Tabel 4.14** Data Eksentrisitas Torsi Bawaan

LANTAI	PUSAT MASSA		PUSAT ROTASI		EKSENTRISITAS ( e )	
	Xcm(m)	Ycm(m)	Xcr(m)	Ycr(m)	X(m)	Y(m)
Lantai Dak	22.587	6.850	21.803	6.967	0.783	-0.117
Lantai 11	22.402	7.010	21.803	6.971	0.599	0.040
Lantai 10	22.402	7.010	21.802	6.970	0.600	0.041
Lantai 9	22.402	7.010	21.801	6.968	0.601	0.042
Lantai 8	22.402	7.010	21.800	6.967	0.602	0.044
Lantai 7	22.394	7.008	21.799	6.965	0.595	0.042
Lantai 6	22.384	7.005	21.798	6.962	0.585	0.043
Lantai 5	22.384	7.005	21.798	6.958	0.586	0.047
Lantai 4	22.384	7.005	21.797	6.952	0.587	0.053
Lantai 3	22.384	7.005	21.796	6.943	0.588	0.062
Lantai 2	22.384	7.005	21.794	6.927	0.589	0.078
Lantai 1	22.371	7.002	21.791	6.890	0.579	0.111

Eksentrisitas dari torsi tak terduga adalah eksentrisitas tambahan sebesar 5% dari dimensi arah tegak lurus panjang bentang struktur bangunan di mana gaya gempa bekerja. Berikut ini merupakan data eksentrisitas tak terduga.

**Tabel 4.15** Data Eksentrisitas Torsi Tak Terduga

Lantai	Panjang bentang total	Panjang bentang total	0.05 Ly	0.05 Lx
	sumbu-y (Ly)-(mm)	sumbu-x (Lx)-(mm)	(mm)	(mm)
Lantai 12	13700	45420	685	2271
Lantai 11	13700	45420	685	2271
Lantai 10	13700	45420	685	2271
Lantai 9	13700	45420	685	2271
Lantai 8	13700	45420	685	2271
Lantai 7	13700	45420	685	2271
Lantai 6	13700	45420	685	2271
Lantai 5	13700	45420	685	2271
Lantai 4	13700	45420	685	2271
Lantai 3	13700	45420	685	2271
Lantai 2	13700	45420	685	2271
Lantai 1	13700	45420	685	2271

Berdasarkan SNI 03-1726-2013 pasal 7.8.4.2, jika gaya gempa diterapkan secara serentak dalam dua arah ortogonal, perpindahan pusat massa 5% yang diisyaratkan tidak perlu diterapkan dalam kedua arah ortogonal pada saat bersamaan, tetapi harus diterapkan dalam arah yang menghasilkan pengaruh lebih besar.

Eksentrisitas torsi tak terduga harus dikalikan dengan faktor pembesaran momen torsi tak terduga (A). Faktor pembesaran torsi tak terduga (A) ditentukan dari persamaan berikut ini.

$$Ax = \left( \frac{\delta_{\max}}{1,2 \delta_{\text{avg}}} \right)^2$$

Penjelasan rumus ini mengacu pada BAB III mengenai eksentrisitas dan torsi.

Nilai-nilai dari  $\delta_{\max}$  dan  $\delta_{\text{avg}}$  diambil dari kombinasi terbesar. Nilai tersebut dapat dikeluarkan langsung dari output ETABS. Berikut ini merupakan nilai-nilai dari  $\delta_{\max}$ ,  $\delta_{\text{avg}}$ , dan Ax untuk pembebanan gempa arah x.

**Tabel 4.16** Nilai dari  $\delta_{\max}$ ,  $\delta_{\text{avg}}$ , dan Ax untuk gempa arah x

Lantai	$\delta_{\max}$ (mm)	$\delta_{\text{avg}}$ (mm)	1,2 $\delta_{\text{avg}}$ (mm)	$Ax=(\frac{\delta_{\max}}{1,2 \delta_{\text{avg}}})^2$	Kontrol Torsi
Lantai Dak	28.70	28.50	34.20	0.704	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 11	28.00	27.80	33.36	0.704	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 10	26.80	26.70	32.04	0.700	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 9	25.20	25.10	30.12	0.700	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 8	23.20	23.10	27.72	0.700	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 7	20.90	20.80	24.96	0.701	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 6	18.60	18.50	22.20	0.702	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 5	16.00	15.90	19.08	0.703	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 4	13.10	13.10	15.72	0.694	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 3	10.10	10.00	12.00	0.708	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 2	6.80	6.80	8.16	0.694	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 1	3.40	3.40	4.08	0.694	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Dilihat pada tabel 6.12 di atas terlihat bahwa  $\delta_{\max} < 1,2 \delta_{\text{avg}}$  sehingga struktur bangunan tersebut termasuk ke dalam kategori tanpa ketidakberaturan torsi dengan faktor amplifikasi (Ax) yang memiliki nilai kurang dari satu sehingga untuk perhitungan



eksentrisitas desain searah sumbu y ( $e_{dy}$ ) menggunakan faktor amplifikasi ( $A_x$ ) dengan nilai 1.

$$e_{dy} = e_{0y} + (0,05 Ly) A_x = e_{0y} + (0,05 Ly)$$

$$e_{dy} = e_{0y} - (0,05 Ly) A_x = e_{0y} - (0,05 Ly)$$

Sehingga, masukan data eksentrisitas sebesar 0,05 di awal pada ETABS sudah sesuai.

Berikut ini merupakan nilai-nilai dari  $\delta_{max}$ ,  $\delta_{avg}$ , dan  $A_y$  untuk pembebanan gempa arah y.

**Tabel 4.17** Nilai dari  $\delta_{max}$ ,  $\delta_{avg}$ , dan  $A_y$  untuk gempa arah y

Lantai	$\delta_{max}$ (mm)	$\delta_{avg}$ (mm)	$1,2 \delta_{avg}$ (mm)	$A_y = (\delta_{max} / 1,2 \delta_{avg})^2$	Kontrol Torsi
Lantai 12	42.70	35.90	43.08	0.982	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 11	40.20	33.80	40.56	0.982	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 10	37.40	31.30	37.56	0.991	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 9	34.10	28.60	34.32	0.987	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 8	30.60	26.29	31.55	0.941	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 7	26.80	23.30	27.96	0.919	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 6	23.20	20.30	24.36	0.907	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 5	19.50	17.20	20.64	0.893	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 4	15.70	14.00	16.80	0.873	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 3	11.80	10.80	12.96	0.829	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 2	7.90	7.50	9.00	0.770	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 1	4.10	4.40	5.28	0.603	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Dilihat pada tabel 6.13 di atas terlihat bahwa  $\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg}$  sehingga struktur bangunan tersebut termasuk ke dalam kategori tanpa ketidakberaturan torsi dengan faktor amplifikasi ( $A_y$ ) yang memiliki nilai kurang dari satu sehingga untuk perhitungan eksentrisitas desain searah sumbu x ( $e_{dx}$ ) menggunakan faktor amplifikasi ( $A_x$ ) dengan nilai 1.

$$e_{dx} = e_{0x} + (0,05 Lx) Ax = e_{0x} + (0,05 Lx)$$

$$e_{dx} = e_{0x} - (0,05 Lx) Ax = e_{0x} - (0,05 Lx)$$

Sehingga, masukan data eksentrisitas sebesar 0,05 di awal pada ETABS sudah sesuai.

## 4.4. Perencanaan Struktur Utama

### 4.4.1. Umum

Struktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Struktur utama memiliki fungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Komponen utama terdiri dari balok induk, kolom. Pada bab ini akan dibahas mengenai kekuatan struktur utama mencakup kebutuhan tulangan yang diperlukan pada komponen tersebut.

### 4.4.2. Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Didalam preliminary desain gedung Prime Biz Hotel Surabaya direncanakan dimensi balok induk sebesar 55/70 dengan panjang bentang 7,95 m dengan menggunakan sistem pracetak. Maka dari itu, penulangan lentur balok induk dihitung dalam dua kondisi, yaitu sebelum komposit dan setelah komposit. Dengan adanya dua kondisi tersebut nantinya akan dipilih tulangan yang lebih kritis untuk digunakan pada penulangan balok induk.

#### 4.4.2.1. Data Perencanaan

Data perencanaan yang diperlukan meliputi :

- Mutu beton ( $f'_c$ ) = 35 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Dimensi balok = 55/70 cm
- Diameter tulangan longitudinal = 22 mm

- Diameter tulangan sengkang = 13 mm
- Tebal *decking* = 40 mm

#### 4.4.2.1.1 Penulangan Lentur Balok Induk Interior 55/70 Sebelum Komposit

Balok pracetak pada saat sebelum komposit dihitung sebagai balok sederhana pada tumpuan dua sendi. Pembebanan pada balok induk sebelum komposit konsepnya sama dengan pembebanan balok induk sesudah komposit yang telah dihitung sebelumnya. Perhitungan untuk pembebanan merata pada balok induk menggunakan konsep tributari area. Berikut ini merupakan beban merata ( $q$ ) yang terjadi pada balok :

##### Beban mati

$$\text{Berat sendiri pelat pracetak} = 0,065 \times 2400 = 156 \text{ kg/m}^2$$

##### Beban hidup

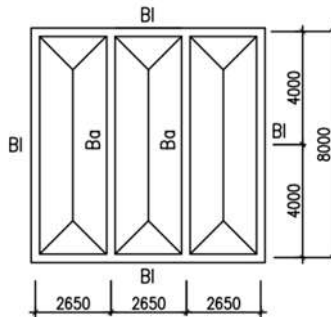
$$\text{Beban pekerja} = 157,68 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Dimensi balok induk sebelum komposit} = 55/58$$

$$\text{Bentang balok induk} = 7,95 \text{ meter}$$

##### a) Pelat dalam kondisi sebelum terdapat overtopping

Pada kondisi sebelum komposit, balok hanya menerima beban mati dan beban hidup dari pelat pracetak, balok anak, dan berat dari balok induk itu sendiri.



**Gambar 4.31** Detail Pembalokan

**Beban pada balok anak**

$$L_x = 265 - \left( \frac{30}{2} + \frac{55}{2} \right) = 222,5 \text{ cm}$$

$$l_y = 795 - \left( \frac{55}{2} + \frac{55}{2} \right) = 745 \text{ cm}$$

▪ **Beban mati**

$$\text{Berat balok anak} = 0,30 \times 0,38 \times 2400 = 273,6 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat ekivalen pelat} &= 2 \times \frac{1}{2} \times q \times l_x \times \left( 1 - \frac{1}{3} \times \left( \frac{l_x}{l_y} \right)^2 \right) \\ &= 2 \times \frac{1}{2} \times 156 \times 2,225 \times \left( 1 - \frac{1}{3} \times \left( \frac{2,225}{7,45} \right)^2 \right) \\ &= 336,78 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Total beban mati balok anak (Qd)

$$= 273,6 + 336,78 = 610,38 \text{ kg/m}$$

▪ **Beban hidup**

$$\begin{aligned} \text{Berat ekivalen} &= 2 \times \frac{1}{2} \times q \times l_x \times \left( 1 - \frac{1}{3} \times \left( \frac{l_x}{l_y} \right)^2 \right) \\ &= 2 \times \frac{1}{2} \times 157,68 \times 2,225 \times \left( 1 - \frac{1}{3} \times \left( \frac{2,225}{7,45} \right)^2 \right) \\ &= 340,41 \text{ kg/m} \\ \text{Qu} &= 1,2 \text{ D} + 1,6 \text{ L} \\ &= 1,2 (610,38) + 1,6 (340,41) \\ &= 1277,11 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Kemudian berat total dari balok anak ini dijadikan sebagai beban terpusat ( $P_D$ ) pada saat pembebanan balok induk.

$$P_u = 1277,11 \text{ kg/m} \times 4,0 \text{ m} = 5108,45 \text{ kg}$$

### **Beban pada balok induk**

Beban yang terjadi pada balok induk adalah berat sendiri balok induk dan berat ekuivalen pelat.

$$\text{Berat balok induk} = 0,55 \times 0,58 \times 2400 = 765,6 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat ekuivalen pelat} &= 2 \times \frac{1}{4} \times q \times l_x \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times 156 \times 2,225 \\ &= 173,55 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Total beban mati balok induk (Qd)} = 765,6 + 173,55 = 939,15 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2D \\ &= 1,2 \times 939,15 \\ &= 1126,98 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### **b) Perhitungan Tulangan Lentur**

#### **↳ Data Perencanaan**

$$\begin{aligned} \text{Dimensi Balok Induk} &= 55/70 \\ \text{Bentang Balok Induk} &= 6,5 \text{ m} \\ \text{Diameter Tulangan utama} &= 22 \text{ mm} \\ \text{Diameter Sengkang} &= 13 \text{ mm} \\ \text{Tebal } decking &= 40 \text{ mm} \\ \rho_{\min} &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$d_x = 700 - 120 - 40 - 13 - (\frac{1}{2} \times 22) = 516 \text{ mm}$$

$$M_u = 21451,61 \text{ kgm} = 214516100,00 \text{ Nmm}$$

Karena perletakan sebelum komposit dianggap sendi maka momennya adalah nol, namun tetap diberi penulangan tumpuan sebesar setengah dari penulangan lapangan.

#### **↳ Penulangan Lentur**

$$\text{Dipakai } \phi = 0,9$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{214516100,00}{0,9} = 238351222,20 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{238351222,20}{550 \times 516^2} = 1,63$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 35}{400} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,63}{0,85 \times 35}} \right) = 0,0042$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0042 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan

tulangan perlu sebesar :

Tulangan lentur tarik

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0042 \times 550 \times 516 = 1187,85 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s D22} = \frac{1187,85}{380,13} = 3,12 \approx 4 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 4D22 ( $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

Jarak antar tulangan 1 lapis

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times C) - (\phi v) - (n - \phi l)}{(n - 1)} = \frac{550 - (2 \times 40) - (13) - (4 \times 22)}{(4 - 1)}$$

$$= 123,00 > 25 \text{ mm}$$

Tulangan lentur tekan

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 1520,53 = 593,93 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan

2D22 ( $A_s = 760,27 > A_s'$ ) ..... OK

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As_{pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{1520,53 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 550)} = 39,49 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(35 - 28)}{7} = 0,75$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{39,49}{0,75} = 52,66$$

- Regangan Tarik netto

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_o \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (516 - 52,66)}{52,66} = 0,026 > 0,005 \text{ OK}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_{s_{pasang}} \times f_y \times d - \frac{a}{2} \\ &= 0,9 \times 1520,53 \times 400 \times (516 - \frac{52,66}{2}) \\ &= 271644393,30 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kekuatan lentur probability

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,25 \times A_{s_{pasang}} \times f_y \times (d - \frac{1,25a}{c}) \\ &= 1,25 \times 1520,53 \times 400 \times (516 - \frac{1,25 \times 39,49}{52,66}) \end{aligned}$$

$$M_{pr} = 373530610 \text{ Nmm}$$

Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi M_n > M_u$$

$$271644393,30 > 214516100,00 \text{ Nmm} \quad \dots \text{OK}$$

#### 4.4.2.1.2 Penulangan Lentur Balok Induk Interior 55/70 Setelah Komposit

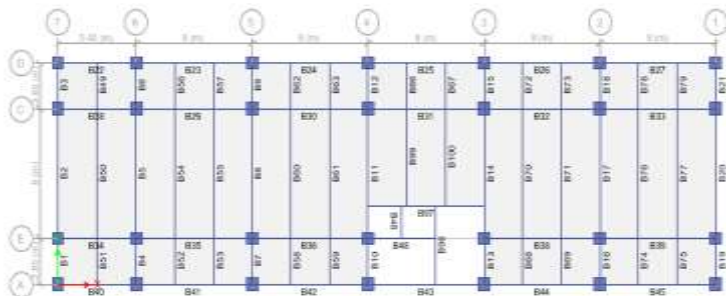
Perencanaan balok induk didesain dengan menggunakan tulangan rangkap dimana untuk merencanakan tulangan lentur diperhitungkan gaya gempa arah bolak balik ( kiri-kanan ) yang akan menghasilkan momen positif dan negatif pada tumpuan. Hasil perencanaan tulangan yang nantinya akan digunakan merupakan kombinasi dari perencanaan bertahap tersebut dengan mengambil jumlah tulangan yang terbesar.

Data - data yang akan digunakan dalam merencanakan balok induk pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Mutu beton ( $f'_c$ )	= 35 MPa
Mutu baja ( $f_y$ ) tulangan	= 400 MPa
Dimensi balok induk	= 55/70 cm
Panjang balok induk	= 8,0 m
Tebal <i>decking</i>	= 40 mm
Diameter tulangan utama	= 22 mm
Diameter sengkang	= 13 mm
$d = 700 - 40 - 13 - (0,5 \times 22)$	= 636 mm
$d' = 40 + 13 + (0,5 \times 22)$	= 64 mm

Dari perhitungan pada bab sebelumnya didapatkan :

$$\rho_{\min} = 0,0035$$



Gambar 4.32 Denah Pembalokan



Dari hasil analisa ETABS 2013 didapat nilai momen pada As 3-C sebagai berikut :

$$M \text{ tumpuan} = - 462345100 \text{ Nmm}$$

$$M \text{ lapangan} = +169553300 \text{ Nmm}$$

- **Penulangan Tumpuan**

$$Mu = 462345100 \text{ Nmm}$$

$$\text{Dipakai } \phi = 0,9$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{462345100}{0,9} = 513716777,80 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times dx^2} = \frac{513716777,80}{550 \times 636^2} = 2,31$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85f_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0,85 \times f_c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 35}{400} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,31}{0,85 \times 35}} \right) = 0,006$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,006 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

**Tulangan lentur tarik**

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,006 \times 550 \times 636 = 2104,44 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{AsD22}$$

$$= \frac{2104,44}{380,13} = 5,54 \approx 6 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 6 D22 ( $As = 2280,80 \text{ mm}^2$ )

**Jarak antar tulangan 1 lapis**

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times C) - (\phi v) - (n - \phi l)}{(n - 1)} = \frac{550 - (2 \times 40) - (13) - (6 \times 22)}{(6 - 1)}$$

$$= 65,00 > 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

### **Tulangan lentur tekan**

$$As' = 0,5 \times As = 0,5 \times 2104,44 = 1052,22 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan

$$4D22 (As = 520,53 \text{ mm}^2 > As') \dots \text{OK}$$

Kontrol penggunaan faktor reduksi

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{2280,80 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 550)} = 59,24 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(35 - 28)}{7} = 0,75$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{59,24}{0,75} = 78,99$$

- Regangan Tarik netto

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_o \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (526 - 78,99)}{78,99} = 0,021 > 0,005 \text{ OK}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times As_{\text{pasang}} \times f_y \times d - \frac{a}{2} \\ &= 0,9 \times 2280,80 \times 400 \times (636 - \frac{59,24}{2}) \\ &= 497889926,40 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kekuatan lentur probability

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,25 \times As_{\text{pasang}} \times f_y \times \left( d - \frac{1,25a}{c} \right) \\ &= 1,25 \times 2280,80 \times 400 \times \left( 636 - \frac{1,25 \times 59,24}{78,99} \right) \end{aligned}$$

$$M_{pr} = 6803068930,20 \text{ Nmm}$$

Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi M_n > M_u$$

$$497889926,40 \text{ Nmm} > 462345100 \text{ Nmm} \quad \dots \text{OK}$$

Pada tumpuan dipasang tulangan atas (daerah Tarik) dengan  $A_s = 2280,80 \text{ mm}^2$  atau 6D22.

### • Penulangan Lapangan

$$M_u = 169553300 \text{ Nmm}$$

Dipakai  $\phi = 0,9$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{169553300}{0,9} = 188392555,60 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d \times 10^6} = \frac{188392555,60}{550 \times 636^2} = 0,85$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 35}{400} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,85}{0,85 \times 35}} \right) = 0,0021 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0021 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$  dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

### Tulangan lentur tarik

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 550 \times 636 = 1224,30 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{sD22}}$$

$$= \frac{1224,30}{380,13} = 3,22 \approx 4 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 4D22 ( $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

Jarak antar tulangan 1 lapis

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times C) - (\phi v) - (n - \phi l)}{(n - 1)} = \frac{550 - (2 \times 40) - (13) - (4 \times 22)}{(4 - 1)}$$

$$= 123,0 > 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

#### Tulangan lentur tekan

$$As' = 0,5 \times As = 0,5 \times 1224,30 = 612,15 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan

2D22 ( $As = 760,27 > As'$ ) ..... OK

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As_{pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{1520,53 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 550)} = 39,49 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(35 - 28)}{7} = 0,875$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{39,49}{0,75} = 52,66$$

- Regangan Tarik netto

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_o \times (d - c)}{c} = \frac{0,003 \times (636 - 52,66)}{52,66} = 0,033 > 0,005 \quad \text{OK}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times As_{pasang} \times f_y \times d - \frac{a}{2} \\ &= 0,9 \times 1520,53 \times 400 \times (636 - \frac{39,49}{2}) \\ &= 337331325,80 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kekuatan lentur probability

$$M_{pr} = 1,25 \times A_s \text{ pasang} \times f_y \times \left( d - \frac{1,25a}{c} \right)$$

$$= 1,25 \times 1520,53 \times 400 \times \left( 526 - \frac{1,25 \times 39,49}{52,66} \right)$$

$$M_{pr} = 464762460,70 \text{ Nmm}$$

Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi M_n > M_u$$

$$337331325,80 \text{ Nmm} > 169553300 \text{ Nmm} \quad \dots \text{OK}$$

Hasil dari penulangan setelah komposit adalah sebagai berikut,

- Akibat momen tumpuan kiri dan kanan
  - Tulangan atas = 6D22 ( $A_s = 2280,80 \text{ mm}^2$ )
  - Tulangan bawah = 4D22 ( $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$ )
- Akibat momen lapangan
  - Tulangan atas = 2D22 ( $A_s = 760,27 \text{ mm}^2$ )
  - Tulangan bawah = 4D22 ( $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

## **Penulangan Geser**

### **a. Penulangan Geser**

Menurut SNI-2847-2013 pasal 21.3.3.1 bahwa gaya geser rencana  $V_u$  harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum,  $M_n$  harus dianggap bekerja pada muka tumpuan dan komponen tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya.

Nilai Gaya Geser Rencana pada Balok

Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan akibat beban gravitasi terfaktor.

$$V_{ki} = \frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{l_n} + \frac{q_u \times l_n}{2}$$

$$V_{ka} = \frac{Mpr^+ + Mpr^-}{ln} - \frac{qu \times ln}{2}$$

Nilai Mpr dihitung sebagai berikut:

Untuk tulangan 6D22 di sisi atas:

$$a = \frac{As \times 1,25fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{2280,80 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 35 \times 550} = 69,67 \text{ mm}$$

$$Mpr^- = As(1,25fy) \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mpr^- = 2280,80 (1,25 \times 400) \left( 636 - \frac{69,67}{2} \right)$$

$$Mpr^- = 685568566 \text{ Nmm} = 685,57 \text{ kNm}$$

Untuk tulangan 4D22 di sisi bawah:

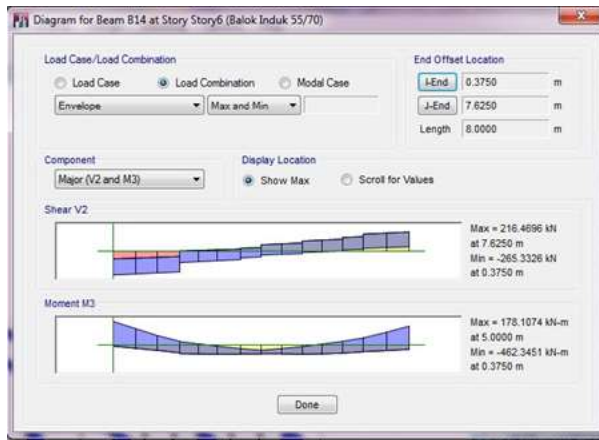
$$a = \frac{As \times 1,25fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{1520,53 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 35 \times 550} = 46,46 \text{ mm}$$

$$Mpr^+ = As(1,25fy) \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mpr^+ = 1520,53 (1,25 \times 400) \left( 636 - \frac{46,46}{2} \right)$$

$$Mpr^+ = 465867584,10 \text{ Nmm} = 465,87 \text{ kNm}$$

Dengan  $qu$  merupakan beban akibat kombinasi 1,2D+1L. Sehingga  $qu \times ln/2$  dapat diannngap sebagai  $Vu$  akibat kombinasi 1,2D+1L pada ETABS.



**Gambar 4.33** Gaya geser tumpuan ultimit

$$V_{ki} = \frac{Mpr^{-} + Mpr^{+}}{ln} + \frac{qu \times ln}{2} = \frac{Mpr^{-} + Mpr^{+}}{ln} + Vu$$

$$V_{ki} = \frac{685,57 + 465,87}{8} + 265,3 = 409,23 \text{ kN}$$

$$V_{ki} = \frac{Mpr^{+} + Mpr^{-}}{ln} - \frac{qu \times ln}{2} = \frac{Mpr^{+} + Mpr^{-}}{ln} - Vu$$

$$V_{ki} = \frac{685,57 + 465,87}{8} - 265,3 = -121,37 \text{ kN}$$

Perencanaan gaya geser pada sendi plastis

Gaya geser maksimum yang ditimbulkan oleh beban gempa adalah:

$$\frac{Mpr^{+} + Mpr^{-}}{ln} = \frac{685,57 + 465,87}{8} = 143,93 \text{ kN}$$

di mana nilai ini lebih besar daripada 50% gaya geser total (mengacu pada gambar 7.6)

$$\frac{1}{2} \times 216,47 = 108,24 \text{ kN}$$

Sehingga  $V_c$  dapat diambil sama dengan nol. Maka:

$$Vu = \emptyset Vs + \emptyset Vc$$

$$Vu = \emptyset Vs + 0$$

$$Vs = \frac{Vu}{\emptyset} = \frac{216,47}{0,75} = 288,43 \text{ kN}$$

$$Vs < 0,66 \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

$$288,43 \text{ kN} < 0,66 \sqrt{35} \times 550 \times 636 \times 10^{-3}$$

$$288,43 \text{ kN} < 1365,84 \text{ kN} \text{ (OK, penampang mencukupi)}$$

Jika dipakai sengkang tertutup dengan diameter 13 mm (3 kaki), maka jarak antar sengkang, s, adalah:

$$s = \frac{As \times fy \times d}{Vs} = \frac{3(132,73) \times 400 \times 636}{288,43 \times 10^3} = 351,21 \text{ mm}$$

Jarak maksimum sengkang tertutup sepanjang 2h (= 2 x 800 = 1600 mm) tidak boleh melebihi nilai terkecil dari:

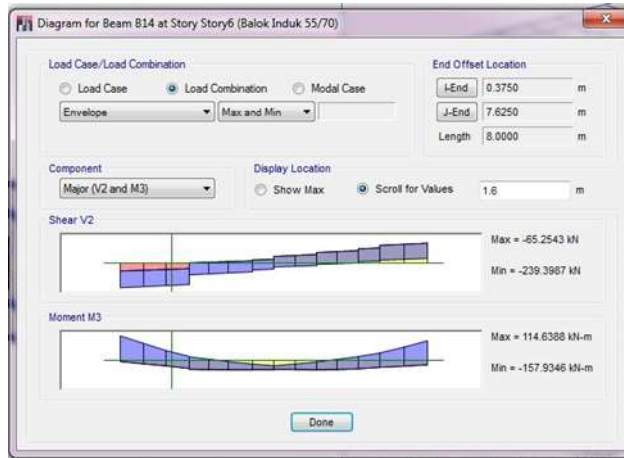
- $d/4 = 636/4 = 159 \text{ mm}$
- $6db = 6(22) = 132 \text{ mm}$
- $s_3 = 24 \times D13 = 24 \times 13 = 312 \text{ mm}$
- $s_4 = 300 \text{ mm}$

Sehingga dapat dipasang sengkang tertutup 3D13-100 mm hingga sepanjang 1600 mm dari muka tumpuan. Dan sengkang tertutup pertama dipasang sejarak 50 mm dari muka tumpuan.

### **Penulangan Geser Lapangan Balok**

Pada jarak 2000 mm dari muka tumpuan hingga ke bagian lapangan, bekerja gaya geser sebesar:





**Gambar 4.34** Gaya geser lapangan ultimit

Pada jarak 1,600 mm dari muka tumpuan hingga ke bagian lapangan, bekerja gaya geser sebesar:

$V_u = 239,40 \text{ kN}$  (gambar 7.10)

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17(1)(\sqrt{35})(550)(636) \times 10^{-3} = 351,8 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{239,40}{0,75} - 351,8 = 32,61 \text{ kN}$$

$$V_s \leq 0,33\sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$32,61 \text{ kN} \leq 0,33\sqrt{35} \times 500 \times 612,5 \times 10^{-3}$$

$$32,61 \text{ kN} \leq 682,92 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Jika digunakan  $d_b = 13 \text{ mm}$ , maka jarak ditentukan dari nilai yang terkecil antara:

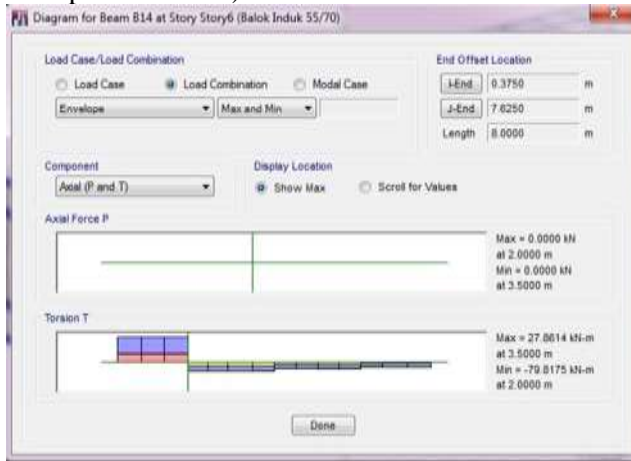
- $s_1 = A_v f_{yt} \frac{d}{V_s} = 3(132,73)(400) \left( \frac{636}{32,61 \times 10^3} \right) = 310,64 \text{ mm}$

- $s_2 = \frac{d}{2} = \frac{636}{2} = 318 \text{ mm}$

- $s_3 = Av \frac{f_{yt}}{0,35bw} = 3(132,73) \times \frac{400}{0,35 \times 550} = 827,41 \text{ mm}$
- $s_4 = 600 \text{ mm}$

Jadi dipilih,  $s = 200 \text{ mm}$  dipasang D13-200.

Pengaruh puntir/torsi dapat diabaikan apabila momen puntir yang terjadi tidak melebihi persamaan dibawah ini (SNI 2847-2013 pasal 11.5.2.2):



**Gambar 4.35** Torsi yang terjadi pada BI-1

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{\phi \times \sqrt{f_c'}}{3} \times \left( \frac{A_{CP}^2}{P_{CP}} \right) \\
 &= \frac{0,75 \times \sqrt{35 \text{ Mpa}}}{3} \times \left( \frac{(1000 \times 900 \text{ mm}^2)^2}{2(1000 + 900) \text{ mm}} \right) \\
 &= 315.264.777,9 \text{ Nmm} = 315,26 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Torsi yang terjadi pada BI-1 sebesar 27,5 kNm.

Kontrol:  $27,5 \text{ kNm} < 79,82 \text{ kNm}$  (Torsi diabaikan)

### a. Kontrol lendutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 2847:2013 tabel 9.5(a), syarat tebal minimum balok apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

Balok dengan dua tumpuan

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times L_b$$

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak preliminary design telah direncanakan agar tinggi dari masing-masing tipe balok lebih besar dari persyaratan  $h_{\min}$

### b. Kontrol retak

Distribusi tulangan lentur harus diatur sedemikian hingga untuk membatasi retak lentur yang terjadi, bila tegangan leleh rencana  $f_y$  untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus diproporsikan sedemikian hingga nilai  $Z$  yang diberikan oleh :

$$Z = f_s \times \sqrt{d_c \times A}$$

Tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang didalam ruangan.

$f_s$  = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja,

$f_s$  dapat diambil  $0,6 f_y$

$$f_s = 0,6 \times 400 \text{ Mpa} = 240 \text{ MPa}$$

$d_c$  = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat

batang tulangan ( decking +  $\frac{1}{2}$  jari-jari tulangan )

$$d_c = 40 + 13 + \frac{1}{2} (22) = 64 \text{ mm}$$

$A$  = Luas efektif beton ditarik disekitar tulangan lentur tarik dan mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan (pada hal ini diambil selebar 1 m) tersebut dibagi dengan jumlah batang tulangan dalam 1 m tersebut.

$$A = \frac{d_c \times b}{n} = \frac{64 \times 400}{3} = 8533,33 \text{ mm}^2$$

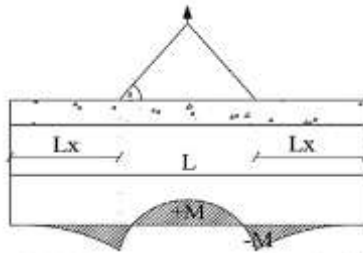
$$Z = f_s \times \sqrt{d_c \times A}$$

$$Z = 240 \times \sqrt{0,064 \times 0,00853}$$

$$Z = 5,61 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \quad \dots \text{OK}$$

#### 4.4.2.2. Pengangkatan Elemen Balok Induk

Balok induk dibuat secara pracetak di pabrik. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.



**Gambar 4.36** Momen Saat Pengangkatan Balok Induk

Dimana :

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Y_c}{L x \operatorname{tg} \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L x \operatorname{tg} \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left( 1 + \frac{4Y_c}{L x \operatorname{tg} \theta} \right)} \right)}$$

✎ **Kondisi sebelum komposit**

$$b = 55 \text{ cm}$$

$$h = 70 \text{ cm}$$

$$L = 800 \text{ cm}$$

Perhitungan :

$$Y_t = Y_b = \frac{(70 - 12)}{2} = 29 \text{ cm}$$

$$Y_c = 38 + 5 = 34 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 34}{800 \times \tan 45^\circ}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{29}{29} \left( 1 + \frac{4 \times 34}{800 \times \tan 45^\circ} \right)} \right)} = 0,237$$

$$X \times L = 0,237 \times 800 = 189,24 \text{ cm} = 1,90 \text{ m}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 8 - 2 \times (1,90) = 4,20 \text{ m}$$



**Gambar 4.37** Letak Titik Pengangkatan

**a. Pembebanan**

$$\text{Balok } (0,55 \times 0,58 \times 8 \times 2400) = 6124,80 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} T \sin \phi = P &= \frac{1,2 \times k \times W}{2} \\ &= \frac{1,2 \times 1,2 \times 6124,80}{2} \\ &= 4409,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T = \frac{4409,86}{\sin 45^\circ} = 6237,42 \text{ kg}$$

**b. Tulangan Angkat Balok Induk**

$$P_u = 6124,80 \text{ kg}$$

Menurut PBBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu  $f_y = 400 \text{ Mpa}$  adalah  $f_y/1,5$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 4000/1,5 = 2666,67 \text{ kg/m}^2$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{Pu}{\sigma_{\text{ijin}} \times \pi}}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{6124,80}{2666,67 \times \pi}}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq 0,86 \text{ cm} = 8,6 \text{ mm}$$

Digunakan Tulangan  $\phi 10 \text{ mm}$

### c. Momen yang Terjadi

- Pembebanan

$$\text{Balok } (0,55 \times 0,58 \times 2400) = 765,60 \text{ kg}$$

Dalam upaya untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan faktor akibat pengangkatan sebesar 1,2 sebagai berikut :

- Momen lapangan

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \times \tan \theta} \right)$$

$$+M = \left( \frac{765,60 \times 8^2}{8} \left( 1 - 4 \times 0,237 + \frac{4 \times 0,34}{8 \times \tan 45} \right) \right) \times 1,2$$

$$= 1644,99 \text{ kgm}$$

- Momen tumpuan

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$-M = \left( \frac{765,60 \times 0,237^2 \times 8^2}{2} \right) \times 1,2 = 1644,99 \text{ kgm}$$

### d. Tegangan yang Terjadi

- Lapangan

$$f = \frac{M}{W_t} = \frac{1644,99 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 550 \times 580^2} = 0,53 \text{ MPa} \leq f_r = 0,7\sqrt{f'c}$$

$$= 0,53 \text{ MPa} \leq f_r = 0,7\sqrt{35} = 4,14 \text{ MPa} \dots \text{OK}$$

• Tumpuan

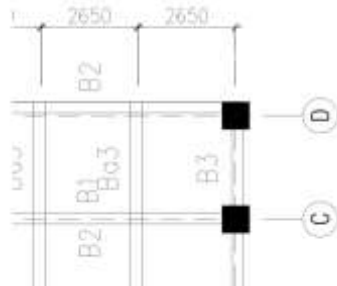
$$f = \frac{M}{W_t} = \frac{1644,99 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 550 \times 580^2} = 0,53 \text{ MPa} \leq f_r = 0,7\sqrt{f'c}$$

$$= 0,53 \text{ MPa} \leq f_r = 0,7\sqrt{35} = 4,14 \text{ MPa} \dots \text{OK}$$

Dari perhitungan momen diatas, didapatkan nilai  $f'$  akibat momen positif dan negatif berada dibawah nilai  $f'_{r_{ijin}}$  usia beton 3 hari. Jadi dapat ditarik kesimpulan, balok tersebut aman dalam menerima tegangan akibat pengangkatan.

#### 4.4.3. Desain Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang memikul beban-beban yang diterima struktur sekunder dan balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Dalam contoh perhitungan kolom berikut ini akan direncanakan kolom dengan dimensi 800/800 mm yang terletak di lantai dasar.



**Gambar 4.38** Gambar Letak Kolom 750/750 mm

#### 4.4.3.1. Data Perencanaan

Data-data desain yang dibutuhkan dalam perhitungan kolom KI -1 As 1-C Lt.1 & Lt.2 adalah sebagai berikut :

Dimensi Kolom	: 750/750 mm
Tinggi Kolom	: 4,6
Mutu Beton ( $f'_c$ )	: 35 MPa
Selimit beton	: 40 mm
Diameter Tul. Utama	: 22 mm
KuatTarik ( $f_y$ )	: 400 MPa
Diameter Tul. Sengkang	: 12 mm
KuatTarik ( $f_y$ )	: 240 MPa

Dari hasil permodelan *Etabs* didapatkan momen envelope dari beberapa kombinasi pada kolom yang ditinjau adalah sebagai berikut :

No	LOKASI	KOMBINASI	Gaya Dalam		
			P ( Kn )	M2-2 (kNm)	M2-2 (kNm)
1	KOLOM BAWAH	ENVELOPE	5253,00	509,44	375,62
2	KOLOM ATAS	ENVELOPE	4556,56	435,02	289,99

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1, syarat dimensi kolom harus dipenuhi bila :

- Menerima beban aksial terfaktor lebih besar dari  $Agxf'_c/10$

$$P_u > \frac{Agxf'_c}{10}$$

$$P_u > \frac{562500 \times 35}{10}$$

$$P_u > 1968750 \text{ N} \rightarrow \text{OK}$$

- Ukuran penampang terkecil harus lebih besar dari 300 mm.

$$750 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

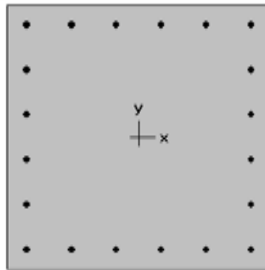
- Rasio  $b/h$  harus lebih besar dari 0,4.

$$\frac{b}{h} = \frac{750}{750} = 1 > 0,4 \rightarrow \text{OK}$$



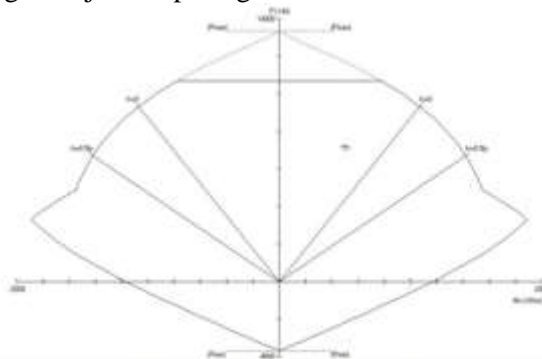
#### 4.4.3.2. Penulangan Lentur

Untuk desain penulangan lentur kolom akan digunakan program bantu *SpColumn*, dengan memasukkan gaya dalam berfaktor dan direncanakan diameter dan jumlah tulangan yang akan digunakan. Dari *trial and error* dengan *SpColumn* didapatkan konfigurasi tulangan 20D22, seperti yang ditunjukkan pada gambar.



**Gambar 4.39** Penampang Kolom As

Hasil output dari program *SpColumn* berupa diagram interaksi seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.12.



**Gambar 4.40** P-M Diagram Interaksi Kolom As

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1, batasan rasio tulangan komponen tekan diijinkan antara 1% - 6%. Dari diagram interaksi diperoleh rasio luas tulangan lentur 20D22 sebesar

1,38% ( $A_{st} = 7740,0 \text{ mm}^2$ ). Penampang juga telah mampu memikul kombinasi beban pada kedua sumbu dengan koordinat seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.7.

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.3.6.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur.

$$\begin{aligned}\phi P_{n_{maks}} &= 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}] \\ &= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 30 \times (526500,0 - 7740,0) + \\ &\quad 400 \times 7740,0] \\ &= 9.966.940,84 \text{ N} \\ \phi P_{n_{maks}} &> P_u \\ 8488677,60 \text{ N} &> P_u \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

#### 4.4.3.3. Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.5.1, gaya geser rencana ( $V_e$ ) harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka joint.

Dari hasil program *SpColumn* didapatkan momen nominal kolom. Seperti yang ditunjukkan pada gambar.

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux kNm	Muy kNm	Mnux kNm	Mny kNm	Mn/Mu NA	depth mm	De depth mm	eps_r	Phi
1	5253.00	509.44	375.62	1002.62	739.25	1.968	626	969	0.00165	0.650
2	4556.56	495.02	289.99	1039.65	693.03	2.390	581	961	0.00196	0.650

**Gambar 4.41** Gambar Momen Nominal Kolom

Karena dimensi dan penulangan kolom atas dan bawah sama maka gaya geser di ujung kolom akibat momen lentur adalah :

$$V_e = \frac{M_n}{hn} = \frac{2042,27}{3,9} = 523,659 \text{ kN}$$

Gaya geser yang bekerja di sepanjang kolom ( $V_u$ ) ditentukan dari  $M_{pr+}$  dan  $M_{pr-}$  balok yang menyatu dengan kolom tersebut. Pada perhitungan sebelumnya didapatkan :

$$\begin{aligned}M_{pr_1} &= 685,57 \text{ kNm} \\ M_{pr_2} &= 465,87 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{Mpr_1 + Mpr_2}{hn} \\
 &= \frac{685,57 + 465,87}{3,9} = 295,24 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_u < V_e$$

$$295,24 \text{ kN} < 523,659 \text{ kN}$$

Maka digunakan nilai  $V_e$  sebesar 523,659 kN sebagai gaya geser rencana.

### **Daerah Sendi Plastis (Tumpuan)**

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.5.2, tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap  $V_c = 0$ , apabila :

$$P_u < \frac{Agxf'c}{10}$$

$$5253000 \text{ N} > 1968750 \text{ N} \rightarrow V_c \text{ dihitung}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2, kuat geser beton yang terbebani tekan aksial ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \sqrt{f'c} b x d \\
 &= 0,17 \left( 1 + \frac{5253000}{14 \times 562500} \right) \sqrt{35} \times 750 \times 687 \\
 &= 863,87 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_e}{0,75} - V_c = \frac{523,659}{0,75} - 863,87 = -165,658 \text{ kN}$$

Maka, Digunakan  $V_s$  min

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ min} &= 0,33 \sqrt{f'c} b x d \\
 &= 0,33 \sqrt{35} \times 750 \times 687 = 1005925,84 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan sengkang 4 kaki, maka :

$$A_v = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 = 452,16 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{452,16 \times 400 \times 687}{1005925,84} = 128,52 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.5.2, spasi sengkang sepanjang panjang  $s_o$  tidak boleh melebihi nilai yang terkecil dari berikut :

$$s < 8D = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

$$s < 24 \times \text{diameter begel} = 24 \times 12 = 288 \text{ mm}$$

$$s < 0,5 \text{ dimensi kolom} = 0,5 \times 750 = 375 \text{ mm}$$

$$s < 300 \text{ mm}$$

Sementara untuk sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari  $s/2 = 62,5 \text{ mm}$  dari muka komponen struktur penumpu.

Sehinggadipasang sengkang Ø12 – 125 mm sepanjang  $l_o$  dari muka kolom, tulangan geser pertama dipasang 60 mm dari muka kolom.

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.1, panjang  $l_o$  atau daerah sendi plastis yang diukur dari muka joint tidak boleh kurang dari yang terbesar dari berikut :

$$l_o > \text{dimensi penampang} = 780 \text{ mm}$$

$$l_o > l_n/6 = 3900/6 = 650 \text{ mm}$$

$$l_o > 450 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang  $l_o = 780 \text{ mm}$

### **Daerah Di Luar Sendi Plastis (Lapangan)**

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 7.10.5.2 dan Pasal 11.4.5.1, spasi sengkang pada daerah lapangan tidak boleh melebihi :

$$s < 16db = 16 \times 22 = 352 \text{ mm}$$

$$s < 48ds = 576 \text{ mm}$$

$$s < \text{dimensi penampang minimum} = 780 \text{ mm}$$

$$s < d/2 = 363,5$$

Sehingga dipasang sengkang Ø12 – 200 mm pada daerah lapangan.

#### 4.4.4. Desain Sloof

Menurut Pedoman Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 pasal 2.2.8, untuk pondasi setempat dari suatu gedung harus saling berhubungan dalam 2 arah ( umumnya saling tegak lurus) oleh unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial tarik dan tekan sebesar 10% dari beban vertikal maksimum.

Dalam perancangan sloof ini diambil contoh perhitungan pada sloof kolom interior :

##### 4.4.4.1. Data Perencanaan

- Gaya aksial kolom  $= 7178,33 \text{ kN}$
- $P_u$   $= 10\% \times 7178,33 \text{ kN}$   
 $= 717,833 \text{ kN} = 717833,0 \text{ N}$
- Dimensi sloof  $= 550 \times 700 \text{ mm}$
- Panjang sloof  $= 8,0 \text{ m}$
- Mutu beton ( $f'_c$ )  $= 35 \text{ MPa}$
- Diameter Tul. Utama ( $\emptyset$ )  $= 22 \text{ mm}$ 
  - o Mutu Baja ( $f_y$ )  $= 400 \text{ MPa}$
  - o Elastisitas( $E_s$ )  $= 200000 \text{ MPa}$
- Selimut beton  $= 40 \text{ mm}$

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,7 \times \sqrt{f'_c} = 0,7 \times \sqrt{35} = 4,14 \text{ MPa}$$

Tegangan Tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{\phi b h} = \frac{717833,0}{0,8 \times 550 \times 700} = 2,33 < f_{ijin} \dots\dots \text{Oke}$$

#### 4.4.4.2. Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga perilaku penampang hampir mirip dengan perilaku kolom.

Untuk memudahkan desain penulangan lentur sloof digunakan program bantu PCACol v.3.6.4 analisis dengan memasukkan data beban sebagai berikut :

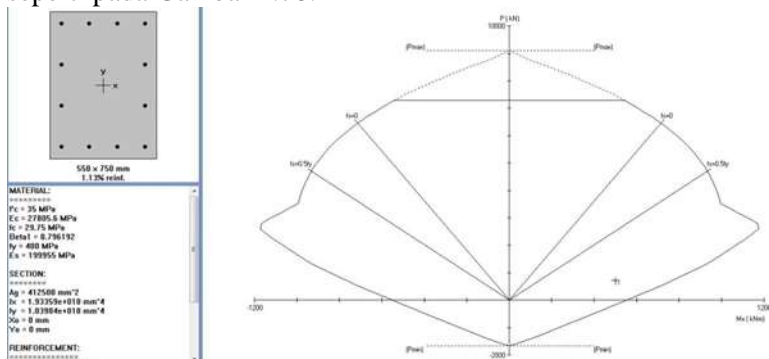
$$Mu = 499,588 \text{ kNm}$$

$$Pu = 717,833 \text{ kN}$$

Direncanakan menggunakan tulangan 10D22

$$(As = 3799,4 \text{ mm}^2)$$

Lalu dicek dengan diagram interaksi hasil program bantu seperti pada Gambar 4.78.



Gambar 4.42 Diagram Interaksi Sloof

Dari diagram interaksi pada Gambar 9.1 didapatkan rasio tulangan sebesar 1,13% (10D22) serta terlihat pula bahwa sloof mampu memikul kombinasi momen dan aksial yang terjadi.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua tulangan longitudinal adalah 25 mm. Besarnya jarak antara tulangan longitudinal terpasang pada balok sloof tersebut adalah :

$$S = \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{sengkang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{550 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 10 \times 22}{10 - 1} = 25,56 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

#### 4.4.4.3. Penulangan Geser Sloof

$$V_u = 98,80 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 550 \times 700 = 385000 \text{ mm}^2$$

$$d = 700 - 40 - 10 - 22/2 = 639 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$= 0,17 \left( 1 + \frac{7178,33}{14 \times 385000} \right) \sqrt{35} \times 550 \times 639$$

$$= 353935,80 \text{ N} = 353,9358 \text{ kN}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$0,75 \times 353,9358 = 265451,85 \text{ kN} \geq 98,80 \text{ kN (Ok)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $d/2 = 639/2 = 319,5 \text{ mm}$
- $250 \text{ mm}$

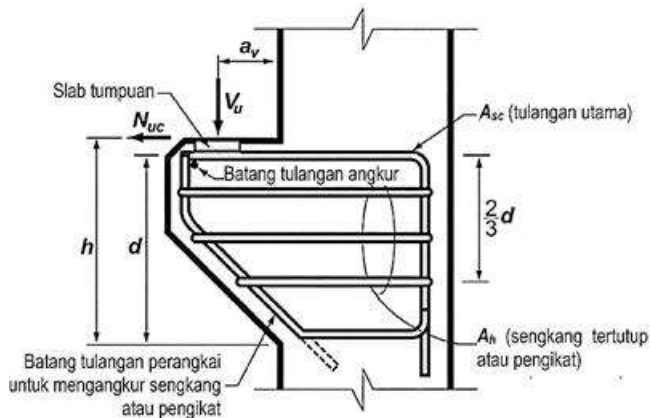
Jadi dipasang sengkang  $\emptyset 10$ –250 mm di sepanjang sloof.

## 4.5. Perencanaan Sambungan

### 4.5.1. Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom

#### 4.5.1.1. Perencanaan Konsol pada Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar 8.1 berikut ini:



**Gambar 4.43** Geometrik Konsol Pendek

Ketentuan SNI 2847:2013 pasal 11.8 tentang perencanaan konsol pendek yang diatur sebagai berikut :

1. Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi  $a_v/d$  tidak lebih besar dari satu, dan dikenai gaya tarik horizontal terfaktor,  $N_{uc}$ , tidak lebih besar daripada  $V_u$ . Tinggi efektif  $d$  harus ditentukan di muka tumpuan.



2. Tinggi di tepi luar luas tumpuan tidak boleh kurang dari  $0,5d$ .
3. Penampang di muka tumpuan harus didesain untuk menahan secara bersamaan  $V_u$  suatu momen terfaktor  $V_{ua} + N_{uc} (h-d)$ , dan gaya tarik horizontal terfaktor,  $N_{uc}$ .
  - 1) Dalam semua perhitungan desain yang sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8,  $\phi$  harus diambil sama dengan 0,75
  - 2) Desain tulangan geser-friksi  $A_{vf}$  untuk menahan  $V_u$  harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.6:
    - a) Untuk beton berat normal,  $V_n$  tidak boleh melebihi yang terkecil dari  $0,2f'_c b_w d$ ,  $(3,3+0,08f'_c)b_w d$ , dan  $11 b_w d$ .
    - b) Untuk beton ringan atau ringan pasir,  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari  $\left(0,2 - 0,07 \frac{a}{d}\right) f'_c b_w d$  dan  $\left(5,5 - 1,9 \frac{a}{d}\right) b_w d$
    - c) Tulangan  $A_f$  untuk menahan terfaktor
      - a.  $[V_u a_v + N_{uc}(h - d)]$  harus dihitung menurut SNI 2847:2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3
    - d) Tulangan  $A_n$  untuk menahan gaya Tarik terfaktor  $N_{uc}$  harus ditentukan dari  $\phi A_n f_y \geq N_{uc}$ . Gaya tarik terfaktor,  $N_{uc}$  tidak boleh diambil kurang dari  $0,2V_u$  kecuali bila ketentuan dibuat untuk menghindari gaya Tarik.  $N_{uc}$  harus dianggap sebagai beban hidup bahkan bilamana Tarik yang dihasilkan dari kekangan rangkai, susut, atau perubahan suhu.
    - e) Luas tulangan Tarik utama  $A_{sc}$  tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari  $(A_f + A_n)$  dan  $\left(\frac{2A_{vf}}{3} + A_n\right)$
  4. Luas total  $A_h$ , sengkang tertutup atau pengikat paralel terhadap tulangan Tarik utama tidak boleh kurang dari  $0,5(A_{sc} - A_n)$ , Distribusikan  $A_h$  secara merata dalam  $(2/3)d$  bersebelahan dengan tulangan tarik utama.
  5.  $\frac{A_{sc}}{b d}$  tidak boleh kurang dari  $0,04 \frac{f'_c}{f_y}$
  6. Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama  $A_s$  harus diangkur dengan salah satu dari berikut:

(a) Dengan las struktur pada batang tulangan transversal dengan sedikit berukuran sama; las didesain untuk mengembangkan  $f_y$  tulangan Tarik utama.

(b) Dengan pembengkokan tulangan tarik utama menjadi bentuk tertutup horizontal atau

(c) Dengan suatu cara pengankuran baik lainnya

7. Luas tumpuan pada konsol pendek tidak boleh menonjol melampaui bagian lurus batang tulangan tarik utama  $A_s$ , ataupun menonjol melampaui muka dalam dari batang tulangan angkur transversal (bila batang tulangan tersebut disediakan).

#### 4.5.1.2. Perhitungan Konsol pada Kolom

##### a. Data perencanaan

$V_u$  didapat akibat nilai  $M_{pr}$  balok pada perencanaan geser balok, yaitu: 409,23 kN

Dimensi Balok = 55/70

Dimensi konsol:

$b_w$  = 600 mm

$h$  = 400 mm

$d$  =  $400 - 40 = 360$  mm

$f'_c$  = 35 MPa

$f_y$  = 400 MPa

$a_v$  = 200 mm

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

- $a_v/d = 200/360 = 0,567 < 1$  (OK)

- $N_{uc} \leq V_u$   
 $N_{uc} = 0,2 \times 409,23 = 81,9 \text{ kN} \leq 409,23 \text{ kN (OK)}$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser:

$V_n$  untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{409,23}{0,75} = 717,95 \text{ kN}$$

**b. Menentukan luas tulangan geser friksi**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar daripada :

$$\begin{aligned} 0,2 f'c \times b_w \times d &= 0,2 \times 35 \times 600 \times 360 \\ &= 1512 \text{ kN} > V_n \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3,3 + 0,08 f'c) \times b_w \times d &= (3,3 + 0,08 (35)) \times 600 \times 360 \\ &= 1318 \text{ kN} > V_n \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11 b_w d &= 11 \times 600 \times 360 \\ &= 2376 \text{ kN} > V_n \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Digunakan  $\mu = 1,4$  untuk beton yang dicor monolit (SNI 2847:2013 Pasal 11.6.4.3)

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\ &= \frac{717,95 \times 1000}{400 \times 1,4} \\ &= 1282,05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**c. Luas tulangan lentur :**

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan  $N_{uc}$  minimum.

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a_v + N_{uc} (h-d) \\ &= (409,23 \times 1000 \times 200) + (81,9 \times 1000 \times (400-360)) \\ &= 85122000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d x^2} = \frac{85122000}{0,9 \times 600 \times 360^2} = 1,22$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,22}{400}} \right) = 0,003 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,003 < \rho_{\min} = 0,0035, \text{ maka dipakai } \rho_{\min} = 0,0035$$

$$A_f = \rho \times b \times d$$

$$A_f = 0,0035 \times 600 \times 360$$

$$A_f = 756 \text{ mm}^2$$

Tulangan pokok As :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{81,9 \times 1000}{0,75 \times 400} = 273 \text{ mm}^2$$

**d. Pemilihan tulangan yang digunakan**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_s = A_f + A_n = 756 + 273 = 1029 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \left( \frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left( \frac{2 \times 1282,05}{3} \right) + 273 = 1127,70 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \left( \frac{f'_c}{f_y} \right) b \times d = 0,04 \left( \frac{35}{400} \right) 600 \times 360 = 756 \text{ mm}^2$$

$A_s = 1127,70 \text{ mm}^2$  (menentukan)

$A_s \text{ pasang} = 9D16$  ( $A_s \text{ pasang} = 1809,6 \text{ mm}^2 > A_s$ )

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4

$$A_h = 0,5 (A_s - A_n) = 0,5 (1127,70 - 273) = 427,35 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 6D13 ( $A_s = 796,39 \text{ mm}^2$ )

Dipasang sepanjang  $(2/3)d = 240 \text{ mm}$  (vertikal)

dipasang 6D13 dengan spasi  $240/6 = 48 \text{ mm}$

**e. Luas pelat landasan:**

$$V_u = \emptyset \times (0,85) \times f_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{409,23 \times 1000}{0,85 \times 35 \times 0,75} = 18340,84 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan  $150 \times 200 \text{ mm}^2 = 30.000 \text{ mm}^2$  ( $t = 15 \text{ mm}$ ).

#### 4.5.1.3. Perhitungan Sambungan Balok - Kolom

Sistem sambungan antara balok dengan kolom pada perencanaan memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan pada bagian bawah yang nantinya akan dijangkarkan atau dikaitkan ke atas.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan.

**a. Panjang penyaluran tulangan deform dalam tekan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3 maka:

$$l_{dc} = \left( \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) \times d_b$$

$$l_{dc} = \left( \frac{0,24 \times 400}{1 \times \sqrt{35}} \right) \times 22 = 357 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = (0,043 f_y) d_b$$

$$= 0,043 \times 400 \times 22 = 378,4 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 378,4 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm (menentukan)}$$

**b. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik**

Berdasarkan 2847:2013 Pasal 12.2.2, maka :

$$\Psi_t = 1,3 \quad ; \quad \Psi_e = 1$$

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,7\lambda} \frac{\Psi_t \Psi_e}{\sqrt{f'_c}} \right) \times d_b$$

$$= \left( \frac{400}{1,7 \times 1} \frac{1,3 \times 1}{\sqrt{35}} \right) \times 22$$

$$= 1137,5 \text{ mm}$$

$$l_d > 300 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan tarik  $l_d = 1137,5 \text{ mm} \approx 1200 \text{ mm}$

**c. Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5, maka :

$$l_{dh} = \frac{0,24 \psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} db$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$\Psi_e = 1 \quad ; \lambda = 1$$

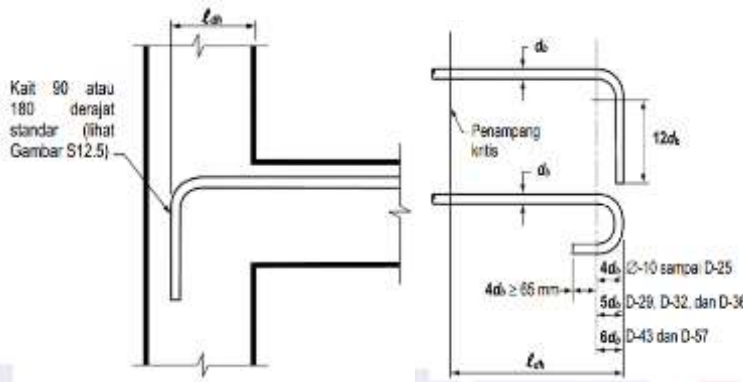
Didapat:

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400}{1 \times \sqrt{35}} \times 22 = 357 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 357 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm} \quad \text{.....OK}$$

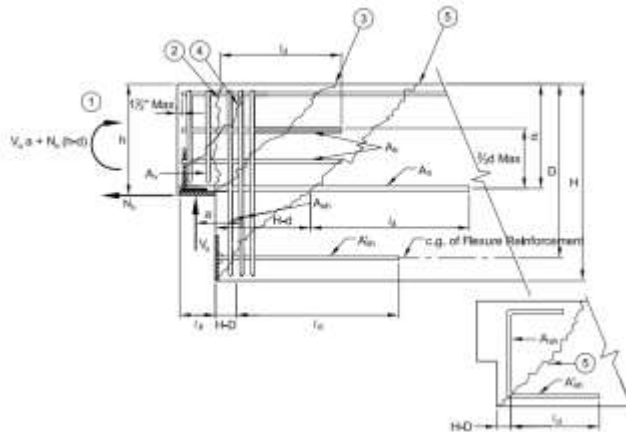
Maka dipakai  $l_{dh} = 400 \text{ mm}$  dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 d_b = 12 \times 22 = 264 \text{ mm}$



**Gambar 4.44** Panjang Penyaluran Kait Standar Balok Induk

#### 4.5.2. Perhitungan Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan balok anak digunakan sambungan *dapped end beam* (PCI edisi keenam).



**Gambar 4.45** Sambungan *Dapped End* (sumber: PCI)

Gaya-gaya yang bekerja pada tumpuan balok induk adalah:

$$V_u = 156,34 \text{ kN} = 35,14 \text{ kips}$$

$$N_u = 0,2 V_u = 0,2 (156,34) = 31,27 \text{ kN}$$

$$f'_c = 35 \text{ MPa} = 5076,32 \text{ psi}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} = 58,02 \text{ ksi}$$

##### 1. Penulangan Lentur di Ujung Sambungan

$$A_s = \frac{1}{\phi f_y} \left[ V_u \left( \frac{a}{d} \right) + N_u \left( \frac{h}{d} \right) \right]$$

a direncanakan sebesar 100 mm dan d direncanakan sebesar  $\frac{1}{2}h = \frac{1}{2}(700) = 350 \text{ mm}$ .  $V_u$  diambil pada perencanaan balok induk kondisi setelah komposit, yaitu  $V_u = 156,34 \text{ kN}$



$$A_s = \frac{1}{0,75(400)} \left[ 156,34 \left( \frac{100}{350} \right) + 31,27 \left( \frac{700}{350} \right) \right]$$

$$A_s = 357,36 \text{ mm}^2$$

## 2. Penulangan Geser Langsung

$$\mu_e = \frac{1000 \lambda b h \mu}{V_u}$$

$$\mu_e = \frac{1000(1)(40/2,54)(60/2,54)(1,4)}{159,31 \times 0,225 \times 1000}$$

$$\mu_e = 14,53 > 3,4$$

Maka dipakai 3,4 (tabel 4.3.6.1 PCI edisi keenam)

$$A_s = \frac{2V_u}{3\phi f_y \mu_e} + \frac{N_u}{\phi f_y}$$

$$A_s = \frac{2(159310)}{3(0,75)(400)(3,4)} + \frac{31860}{0,75(400)}$$

$$A_s = 210,32 \text{ mm}^2 < 389,41 \text{ mm}^2$$

Maka  $A_s = 389,41 \text{ mm}^2$  (digunakan tulangan D13 sebanyak 3 buah;  $A_s = 398,2 \text{ mm}^2$ )

$$A_n = \frac{N_u}{\phi f_y} = \frac{31860}{0,75(400)} = 106,2 \text{ mm}^2$$

$$A_h = 0,5(A_s - A_n) = 0,5(389,41 - 106,2)$$

$$A_h = 141,61 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_n = \phi(1000 \lambda^2 b d)$$

$$\phi V_n = \frac{0,75 \left( 1000(1^2) \left( \frac{40}{2,54} \right) \left( \frac{30}{2,54} \right) \right)}{1000}$$

$$\phi V_n = 139,5 \text{ kips} = 620,53 \text{ kN} > V_u = 159,31 \text{ kN}$$

Digunakan 2 buah tulangan D13 ( $A_s = 265 \text{ mm}^2 > A_h$ )

3. Penulangan Tarik Diagonal di Pojok di mana Terjadi Perubahan Tinggi Balok

$$A_{sh} = \frac{V_u}{\phi f_y} = \frac{159310}{0,75(400)} = 531,03 \text{ mm}^2$$

Digunakan 3 buah tulangan D16 ( $A_v = 603,2 \text{ mm}^2 > A_{sh}$ ) OK

Untuk  $A_{sh}'$  (luas minimum =  $A_{sh}$ ), dipakai tulangan D16 sebanyak 3 buah.

4. Penulangan Tarik Diagonal  $A_v$  di Ujung *Dapped*

$$\text{Kapasitas beton} = 2\lambda\sqrt{f'cbd}$$

$$\text{Kapasitas beton} = \frac{2(1)\sqrt{5076,32}\left(\frac{40}{2,54}\right)\left(\frac{30}{2,54}\right)}{1000}$$

$$\text{Kapasitas beton} = 26,50 \text{ kips} = 117.877,9 \text{ N}$$

$$A_v = \frac{1}{2f_y} \left[ \frac{V_u}{\phi} - 2\lambda\sqrt{f'cbd} \right] = \frac{1}{2(58,02)} \left[ \frac{35,81}{0,75} - 26,5 \right]$$

$$A_v = 0,18 \text{ in}^2 = 118,1 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang 2 kaki D16 ( $A_v = 402,1 \text{ mm}^2 > A_v$ ) OK

Cek:

$$\phi V_n = \phi(A_v f_y + A_h f_y + 2\lambda\sqrt{f'cbd})$$

$$\phi V_n = 0,75(402,1 \times 400 + 141,61 \times 400 + 117.877,9)$$

$$\phi V_n = 251.521,43 \text{ N} = 251,5 \text{ kN} > V_u = 159,31 \text{ kN}$$

**a. Panjang penyaluran tulangan deform dalam tekan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3 maka:

$$l_{dc} = \left( \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) \times d_b$$

$$l_{dc} = \left( \frac{0,24 \times 400}{1 \times \sqrt{35}} \right) \times 16 = 259,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{dc} &= (0,043 f_y) d_b \\ &= 0,043 \times 400 \times 16 = 275,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dc} = 275,2 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran untuk As D16:

$$H - d + l_d = 600 - 300 + 300 = 600 \text{ mm.}$$

#### b. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Berdasarkan 2847:2013 Pasal 12.2.2, maka :

$$\Psi_t = 1,3 \quad ; \quad \Psi_e = 1$$

$$\begin{aligned} l_d &= \left( \frac{f_y}{2,1\lambda} \frac{\Psi_t \Psi_e}{\sqrt{f_c}} \right) \times d_b \\ &= \left( \frac{400}{2,1 \times 1} \frac{1,3 \times 1}{\sqrt{35}} \right) \times 13 \\ &= 544,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_d > 300 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan tarik  $l_d = 544,1 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$ . Panjang penyaluran untuk As D13:

$$H - d + l_d = 600 - 300 + 600 = 900 \text{ mm.}$$

#### 4.5.3. Perencanaan Sambungan Pelat dan Balok

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan tumpuan yang dipasang memanjang melintas

tegak lurus di atas balok. Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan tersebut diberi overtopping dengan cor setempat.

#### 4.5.4. Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Type HS

Berdasarkan perhitungan pada bab sebelumnya, tulangan yang digunakan pada pelat pracetak adalah D16 ( $d_b = 16$  mm). Berdasarkan 2847:2013 Pasal 12.2.2, maka:

$$\Psi_t = 1,3 \quad ; \quad \Psi_e = 1$$

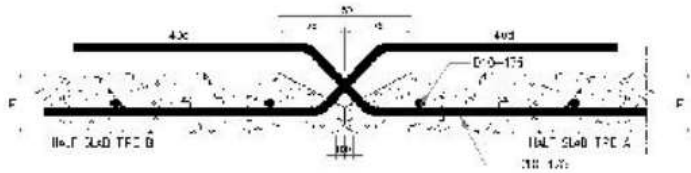
$$\begin{aligned} l_d &= \left( \frac{f_y}{2,1\lambda} \frac{\Psi_t \Psi_e}{\sqrt{f'c}} \right) \times d_b \\ &= \left( \frac{400}{2,1 \times 1} \frac{1,3 \times 1}{\sqrt{35}} \right) \times 13 \\ &= 544,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_d > 300 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan tarik  $l_d = 544,1 \text{ mm} \approx 550 \text{ mm}$ .

#### 4.5.5. Perencanaan Sambungan Antar *Half Slab*

Sambungan antar pelat precast half slab merupakan sambungan basah yang pada umumnya telah disediakan tulangan dengan panjang tertentu yang merupakan sisa atau perpanjangan dari tulangan elemen precast. Sambungan antar precast half slab memiliki spasi sebesar 20 mm. Adanya perbedaan spasi antara precast half slab dapat membuat precast half slab menjadi lebih fleksibel. Sambungan antar precast half slab dapat dilihat pada gambar di bawah.



**Gambar 4.46** Sambungan Antar *Half Slab*

Panjang penyaluran yang digunakan adalah tulangan dalam kondisi tarik. Berdasarkan 2847:2013 Pasal 12.2.2, maka:

$$\Psi_t = 1,3 \quad ; \quad \Psi_e = 1$$

$$\begin{aligned} l_d &= \left( \frac{f_y}{2,1\lambda} \frac{\Psi_t \Psi_e}{\sqrt{f'_c}} \right) \times d_b \\ &= \left( \frac{400}{2,1 \times 1} \frac{1,3 \times 1}{\sqrt{35}} \right) \times 13 \\ &= 544,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_d > 300 \text{ mm} \dots\dots \text{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan tarik

$$l_d = 542,51 \text{ mm} \approx 550 \text{ mm}.$$

## 4.6. Perencanaan Pondasi

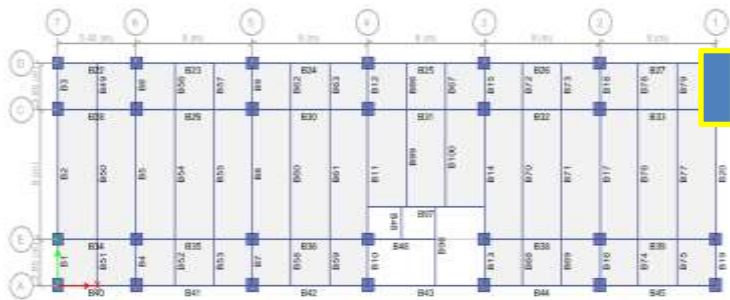
### 4.6.1. Desain Tiang Pancang

Pondasi merupakan bangunan struktur bawah yang berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya.

Perencanaan bangunan bawah atau pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis dan memungkinkan pelaksanaannya.

#### 4.6.1.1. Desain Tiang Pancang Kolom

Desain tiang pancang kolom yang akan dianalisis adalah pada kolom AS 2-C sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.79.



**Gambar 4.47** Letak pondasi kolom yang ditinjau

### Data Perencanaan

Data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

- Kedalaman tiang pancang = 21 m
- Diameter tiang pancang,  $d$  = 50 cm
- *Thickness* = 90 mm
- Kelas = C
- *Bending momen crack* = 17 tm
- *Bending momen ultimate* = 34 tm
- *Bearing Capacity* = 178 t
- Keliling tiang pancang ( $A_s$ ) =  $\pi \times d \times 21 = 32,97 \text{ m}$
- Luas tiang pancang ( $A_p$ ) =  $1/4 \times \pi \times d^2$   
=  $1/4 \times \pi \times 50^2 = 1962,5 \text{ cm}^2$

Direncanakan poer dengan dimensi :

$$L = 5,00 \text{ m}$$

$$B = 2,5 \text{ m}$$

$$t = 1 \text{ m}$$

### Beban Pada Tiang Pancang

Dari hasil analisis struktur didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada pondasi seperti berikut :

$$F_z = 7957,12 \text{ kN}$$

$$F_x = 102,27 \text{ kN}$$

$$F_y = 220,73 \text{ kN}$$

$$M_x = 590,40 \text{ kNm}$$

$$M_y = 542,34 \text{ kNm}$$

Pada desain tiang pancang ini akan digunakan kombinasi terbesar dari beban tetap dan beban sementara. Berdasarkan hal tersebut maka digunakan kombinasi beban sementara sebagai acuan gaya dalam untuk desain pondasi. Oleh karena itu, didapat momen pada dasar poer, sebagai berikut :

$$M_{xo} = M_x + F_y \times t = 590,40 + (220,73 \times 1) = 811,13 \text{ kNm}$$

$$M_{yo} = M_y + F_x \times t = 542,34 + (102,27 \times 1) = 644,61 \text{ kNm}$$

Beban vertikal yang berkerja akibat pengaruh beban sementara dan beban sendiri poer sebagai berikut :

- Berat sendiri poer  
 $6,25 \times 2,50 \times 1 \times 24 = 375,00 \text{ kN}$
- Beban aksial kolom  
 Beban tetap, P  $= 7957,12 \text{ kN}+$   
 $\Sigma P = 8332,12 \text{ kN}$

### **Daya Dukung Ijin Satu Tiang**

Daya dukung ijin satu tiang pancang dianalisis berdasarkan nilai N-SPT dari hasil SPT dengan menggunakan perumusan WKA. Dari data SPT dengan kedalaman 30 m sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 9.1.

**Tabel 4.18** Data  $N_{SPT}$

Kedalaman	N-spt
0	0
3	1
6	1
9	1
12	1
15	32
18	35
21	50
24	50
27	50
30	50



Berdasarkan Tabel 4.36 didapatkan nilai N-SPT didasar tiang, ( $N_p$ ) pada kedalaman 21 m dan nilai rata-rata N sepanjang tiang ( $N_{av}$ ) sebagaimana diperlihatkan pada analisis dibawah ini :  
 $N_p = 21$

$$N_{av} = \frac{1+1+1+1+32+35+50+50+50+50}{10} = 27,10$$

$N_{av}$ , diambil berdasarkan nilai  $3 \leq N \leq 50$

Dengan menggunakan perumusan MEYERHOF (1956) didapatkan daya dukung ultimate satu tiang pancang sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= 40A_p N_p + \frac{A_s N_{av}}{5} \\ &= 40 \times 0,1963 \times 21 + \frac{32,97 \times 27,10}{5} = 343,59 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_d &= \frac{Q_{ult}}{SF} \rightarrow SF = 3 \\ &= \frac{343,59}{3} = 114,53 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Bearing capacity bahan tiang diketahui 178,00 Ton,. Daya dukung tanah ijin didapat pada kedalaman 21 meter dengan Qijin tanah sebesar 114,53 Ton (SF = 3).

Berdasarkan hasil analisis kekuatan bahan dan kekuatan tanah maka diambil  $P = 114,53 \text{ Ton}$ .

### **Tiang Pancang Kelompok**

Maka direncanakan dengan 6 pancang dengan letak tiang pancang pada poer diperlihatkan pada Gambar 4.80.

Syarat jarak antar tiang pancang ( $s$ ) :

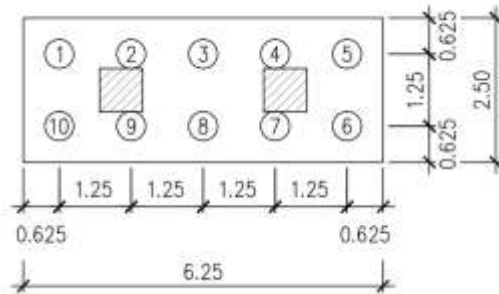
$$2,5D \leq S_x \leq 5D \rightarrow S_x = 2,5D = 2,5 \times 0,5 = 1,25 \text{ m}$$

$$2,5D \leq S_y \leq 5D \rightarrow S_y = 2,5D = 2,5 \times 0,5 = 1,25 \text{ m}$$

Syarat jarak tiang pancang ke tepi (s) :

$$1,0D \leq S_x \leq 2D \rightarrow S_x = 1,25D = 2,5 \times 0,5 = 0,625 \text{ m}$$

$$1,0D \leq S_y \leq 2D \rightarrow S_y = 1,25D = 2,5 \times 0,5 = 0,625 \text{ m}$$



**Gambar 4.48** Pile Cap

Jumlah tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

$$n = \frac{\Sigma P}{\overline{PE}_g}$$

Dimana :

m= banyaknya tiang dalam 1baris

n = banyaknya baris

D= diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

$$\theta = \arctan D/2,5.s$$

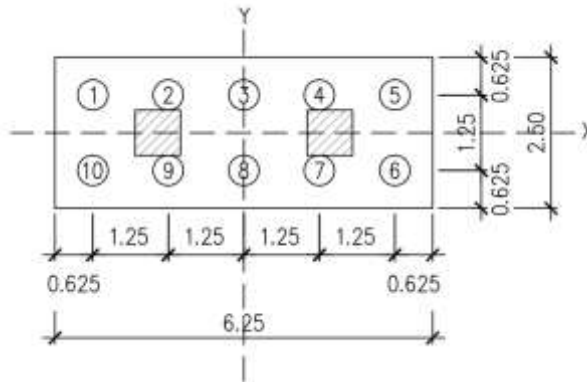
$$= \arctan 50/125 = 21,80$$

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n - 1) m + (m - 1) n}{90.m.n}$$

$$= 1 - 21,80 \frac{(2-1)5 + (5-1)2}{90.5.2} = 0,685 \approx 0,70$$

$$n = \frac{\Sigma P}{\overline{PE}_g}$$

$$n = \frac{833,212}{114,53 \times 0,70} = 10,39 = 10 \text{ buah}$$



**Gambar 4.49** Posisi tiang pancang kolom

### **Kontrol Beban Aksial Satu Tiang Pancang**

Berdasarkan Gambar 4.79 didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat poer, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 9.2

**Tabel 4.19** Jarak Tiang Pancang Kolom

Tiang	Sumbu (m)			
	X	X <sup>2</sup>	Y	Y <sup>2</sup>
P1	2,500	6,250	0,625	0,391
P2	1,250	1,563	0,625	0,391
P3	0,000	0,000	0,625	0,391
P4	1,250	1,563	0,625	0,391
P5	2,500	6,250	0,625	0,391
P6	2,500	6,250	0,625	0,391
P7	1,250	1,563	0,625	0,391
P8	0,000	0,000	0,625	0,391
P9	1,250	1,563	0,625	0,391
P10	2,500	6,250	0,625	0,391
ε		31,250		3,906

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut :

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_{xoy_{\max}}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_{yox_{\max}}}{\Sigma x^2}$$

$$P_{\max} = \frac{8332,12}{10} + \frac{811,13 \times 0,625}{3,906} + \frac{644,61 \times 2,500}{31,250}$$

$$= 880,784 \text{ kN}$$

$$P_{\min} = \frac{8332,12}{10} - \frac{811,13 \times 0,625}{3,906} - \frac{644,61 \times 2,500}{31,250}$$

$$= 575,64 \text{ kN}$$

Maka, tekanan maksimum satu tiang pancang adalah 880,78 kN.

### **Kontrol Kapasitas**

$$P_{max} \leq \bar{P}E_k$$

$$88,078 \text{ Ton} \leq 114,53 \times 0,70$$

$$88,078 \text{ Ton} \leq 88,551 \text{ Ton} \rightarrow (\text{Oke, Memenuhi})$$

#### **4.6.1.2. Kontrol Tebal Poer Kolom**

Perencanaan tebal poer harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi.

Data Perencanaan Poer :

- Dimensi Kolom = 750 x 750 mm
- Dimensi Poer = 6250 x 2500 x 1000 mm
- Selimut Beton = 70 mm
- Ø Tulangan = 25 mm
- Mutu Beton, ( $f'c$ ) = 35 MPa
- Dimensi tiang pancang = 500 mm
- $\lambda$  = 1 (Beton Normal)
- $\alpha_s$  = 40 (Kolom)
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi, ( $\beta$ )

$$\beta = \frac{750}{750} = 1$$

$$d = 1000 - 70 - \frac{25}{2} = 917,5 \text{ mm}$$

### **Cek Geser Ponds 2 arah terhadap Kolom**

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom oleh karena itu, Keliling penampang kritis ( $b_o$ ) ditentukan dengan perumusan dibawah :

$$=2(b_{kolom}+d)+2(h_{kolom}+d)$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$a. \quad V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f' c b_o} d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1 \times \sqrt{35} \times 6670 \times 917,5 = 18464,44 \text{ kN}$$

$$\text{b. } V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f' c b_o d}$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{40 \times 917,5}{6670} + 2 \right) \sqrt{35 \times 6670 \times 917,5}$$

$$= 22544,24 \text{ kN}$$

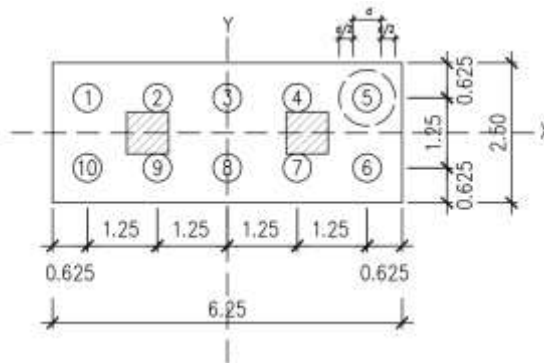
$$\begin{aligned}
 c. \quad V_c &= 0,33\lambda\sqrt{f'c}b_o d \\
 V_c &= 0,33\sqrt{35} \times 6670 \times 917,5 \\
 &= 11947,58 \text{ kN (Menentukan)}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 11947,58 kN = 1194,758 Ton

$$V_c \geq P_u \text{ kolom}$$

$$1194,758 \text{ Ton} \geq 795,71 \text{ Ton} \rightarrow \text{Oke, Memenuhi}$$

### Cek Geser Ponds 2 arah terhadap Tiang



**Gambar 4.51** Tinjauan Geser 2 arah terhadap tiang

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom oleh karena itu, Keliling penampang kritis ( $b_o$ ) ditentukan dengan perumusan dibawah :

$$\begin{aligned}
 b_o &= \text{Keliling penampang kritis} \\
 &= \pi \times (D + (d/2) \times 2) \\
 &= \pi \times (500 + 917,5) = 4450,95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$a. \quad V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f' c b_o} d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1 \times \sqrt{35} \times 4450,95 \times 917,5 = 12321,48 \text{ kN}$$

$$b. \quad V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f' c b_o} d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{40 \times 917,5}{4450,95} + 2 \right) \sqrt{35} \times 4450,95 \times 917,5$$

$$= 20544,76 \text{ kN}$$

$$c. \quad V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f' c b_o} d$$

$$V_c = 0,33 \sqrt{35} \times 4450,95 \times 917,5$$

$$= 7972,72 \text{ kN} \quad (\text{Menentukan})$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $7972,72 \text{ kN} = 797,272 \text{ Ton}$

$$V_c \geq P_u \text{Tiang}$$

$$797,272 \text{ Ton} \geq 114,53 \text{ Ton} \rightarrow \text{Oke, Memenuhi}$$

#### 4.6.1.3. Desain Penulangan Poer Kolom

Desain penulangan lentur poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang pancang sebesar  $P$  dan berat sendiri poer sebesar  $q$  sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 9.4. Desain penulangan poer kolom akan menggunakan tulangan baja dengan data desain sebagai berikut :



**Data Perencanaan :**

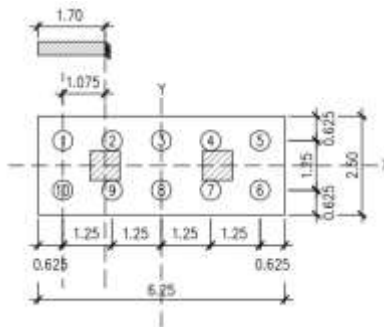
- Dimensi Poer,  $B \times L$  = 2500 x 6250 mm
- Tebal Poer = 1000 mm
- Mutu Beton, ( $f'c$ ) = 35 MPa
- Diameter Tul. Utama ( $\emptyset$ ) = 25 mm
  - o Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
  - o Elastisitas ( $E_f$ ) = 200000 MPa
- Tebal Selimut Beton = 70 mm
- Tinggi efektif balok poer
 
$$d_x = 1000 - 70 - 25/2$$

$$= 917,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 70 - 25 - 25/2$$

$$= 892,5 \text{ mm}$$

Desain penulangan hanya dianalisis pada salah satu sumbu saja, hal tersebut dilakukan karena bentuk penampang poer yang simetris.

**Desain Penulangan Poer****Penulangan arah X**

**Gambar 4.52** Pembebanan penulangan arah X

$$\text{Berat Poer, } qu = 2,5 \times 1 \times 2,4 = 6,0 \text{ Ton/m}$$

$$Pt = 2P_{max} = 2 \times 880,784 = 1761,57 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_u &= (Pt \times e) - \left( \frac{1}{2} q_u e^2 \right) \\ &= (1761,57 \times 1,075) - \left( \frac{1}{2} \times 60 \times 1,70^2 \right) \\ &= 1761,57 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1761,57 \times 10^6}{0,9 \times 6250 \times 917,5^2} = 0,382 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 35}{400} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,382}{0,85 \times 35}} \right) = 0,00096 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{array}{lll} \text{Syarat} & : \rho_{\text{min}} & = \rho_{\text{perlu}} \\ & 0,0035 & > 0,00096 \end{array}$$

Maka, dipakai  $\rho_{\text{min}} = 0,0035$

- Luas Tulangan

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 6250 \times 917,5 \\ &= 20070,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D25mm ( $A_{D25} = 490,625 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{6250 \times 490,625}{20070,31} = 152,78 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps.10.5.4)

$$s \leq 3(1000) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 3000 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi pakai  $s = 150 \text{ mm}$

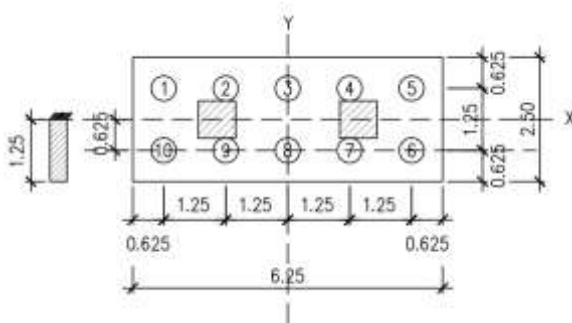
$$A_s \text{ pakai} = \frac{6250 \times 490,625}{150} = 20442,71 \text{ mm}^2$$

Cek :  $A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$

$$: 20070,31 \text{ mm}^2 < 20442,71 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

Jadi, dipakai tulangan arah X = D25-150 mm

### Penulangan arah Y



**Gambar 4.53** Pembebanan penulangan arah Y

$$\text{Berat Poer, } q_u = 5 \times 1 \times 2,4 = 12 \text{ Ton/m}$$

$$P_t = 5P_{max} = 5 \times 880,784 = 4403,92 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= (Pt \times e) - \left( \frac{1}{2} q_u e^2 \right) \\
 &= (4403,92 \times 0,625) - \left( \frac{1}{2} \times 120 \times 1,25^2 \right) \\
 &= 2658,70 \text{ kNm} \\
 R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2658,70 \times 10^6}{0,9 \times 2500 \times 892,5^2} = 1,483 \text{ N/mm} \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 35}{400} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,483}{0,85 \times 35}} \right) = 0,0038 \\
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{400} = 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lll}
 \text{Syarat} & : \rho_{\text{min}} & = \rho_{\text{perlu}} \\
 & 0,0035 & < 0,0038
 \end{array}$$

Maka, dipakai  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0038$

- Luas Tulangan

$$\begin{aligned}
 A_s_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{min}} \times 2500 \times d_x \\
 &= 0,0038 \times 2500 \times 892,5 \\
 &= 8492,11 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan  $\phi 25 \text{ mm}$  (AD25= 490,625 mm<sup>2</sup>)

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{2500 \times 490,625}{8492,11} = 144,44 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps.10.5.4)

$$s \leq 3(1000) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 3000 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi pakai  $s = 125 \text{ mm}$

$$\text{As pakai} = \frac{2500 \times 490,625}{125} = 9812,50 \text{ mm}^2$$

Cek : As perlu < As pakai

$$: 8492,11 \text{ mm}^2 < 9812,50 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

Jadi, dipakai tulangan arah X = D25-125 mm

### **Desain Penulangan Tusuk Konde**

Menurut Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW), Surabaya, 26 Juni 2013. Kekuatan Geser Friksi Berdasarkan AASHTO 5.8.4 2005.

Kekuatan geser nominal dapat dihitung menggunakan rumus berikut, untuk beton yang dicor pada beton yang telah mengeras dengan pengasaran permukaan (amplitude 6 mm) adalah 0.7 MPa. Sehingga kemampuan geser beton adalah:

$$C = 0.7 \text{ MPa}$$

$$A_{cv} = 157000 \text{ mm}^2$$

$$V_n = C \cdot A_{cv}$$

$$= 0.7 \times 157000 = 109900 \text{ N} = 10.99 \text{ ton}$$

Jika dipakai dengan diameter 13 mm maka s, adalah:

$$s = \frac{A_s \times f_y \times d}{V_s} = \frac{132,73 \times 400 \times 320}{109900} = 154,58 \text{ mm}$$

Jadi Dipakai Tulangan Tusuk Konde D13-150 mm Sedalam 2 m dan Panjang Penyaluran ke Poer Sepanjang 40D.

## 4.7. Metode Pelaksanaan

### 4.7.1. Umum

Dalam setiap pekerjaan konstruksi, metode pelaksanaan merupakan item penting yang tidak bisa dipisahkan. Apalagi menyangkut struktur beton pracetak. Untuk merencanakan beton pracetak, terlebih dahulu harus diketahui apakah struktur tersebut bisa dilaksanakan. Tahap pelaksanaan ini akan diuraikan mengenai item – item pekerjaan konstruksi dan pembahasan mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan material – material beton pracetak. Proses pekerjaan yang dilakukan di proyek ini adalah ;

- Proses pencetakan secara pabrikasi di Industri pracetak. Hal – hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses pabrikasi adalah :
  - a. Perlunya standart khusus sehingga hasil pracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
  - b. Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul.
  - c. Dengan cara ini dimungkinkan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik.

Metode pelaksanaan yang diterapkan pada pelaksanaan proyek adalah dengan Metode Horisontal. Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses *erection* yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen struktur dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk pengerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah *in-situ concrete joint*.



**Gambar 4.54** Metode *erection* arah horisontal

#### 4.7.2. Pengangkatan dan Penempatan Crane

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain :

1. Kemampuan maksimum crane yang digunakan
2. Metode pengangkatan
3. Letak titik – titik angkat pada elemen pracetak

Hal-hal tentang pengangkatan dan penentuan tidak angkat telah dibahas pada bab-bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini memakai peralatan tower crane untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak.

#### 4.7.3. Pekerjaan Elemen Kolom

Setelah dilakukan pemancangan, pembuatan pile cap dan sloof, maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pendimensian pile cap. Tulangan kolom bersamaan dengan tulangan konsol yang telah disiapkan dicor sampai batas yang sudah ditentukan. Dalam hal ini sampai ketinggian permukaan elevasi pelat lantai dan ditambah tulangan penyaluran yang berfungsi sebagai penyatu antara kolom lantai 1 dan lantai 2.

Langkah selanjutnya adalah dengan pengecoran pile cap. Setelah beton pile cap sudah kering maka dilanjutkan dengan membuat dan mengatur bekisting kolom yang disertai dengan membuat bekisting konsol (*corbel*) pada kolom yang berfungsi

untuk perletakan balok induk pracetak. Setelah pemasangan bekisting selesai, dilanjutkan dengan pengecoran kolom. Setelah beton mulai mengeras dan dilanjutkan dengan melepas bekisting kolom dan dilanjutkan dengan pemasangan elemen balok induk.

#### **4.7.4. Pemasangan Elemen Balok Induk**

Pemasangan balok pracetak setelah pelaksanaan kolom. Balok induk dipasang terlebih dahulu baru kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Diperlukan peralatan crane dan scaffolding untuk membantu menunjang balok pracetak. Kemudian dapat dilanjutkan dengan pemasangan tulangan utama pada balok yaitu tulangan tarik pada tumpuan. Lalu setelah tulangan terpasang baru dilakukan pengecoran.



**Gambar 4.55** Pemasangan Balok Induk Pracetak

#### **4.7.5. Pemasangan Elemen Balok Anak**

Pemasangan balok anak pracetak di bagian tengah balok induk. Konsol tempat bertumpunya balok anak pun terbuat dari beton pracetak dengan balok. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada balok induk maupun balok anak, maka dipasang tiga buah perancah dengan posisi satu di tengah dan dua di tepi.



#### 4.7.6. Pemasangan Elemen Pelat

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas, baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk.



**Gambar 4.56** Pemasangan Pelat Pracetak

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran (overtopping) pada bagian atas pelat, balok anak, dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk. Topping digunakan setinggi 5,5 cm.

Untuk pekerjaan lantai berikutnya dilakukan sama dengan urutan pelaksanaan di atas sampai semua elemen pracetak terpasang.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir “Modifikasi Perencanaan Gedung Prime Biz Hotel Dengan Menggunakan Beton Pracetak” maka dapat ditarik beberapa poin kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan dalam Dimensi struktur utama didapatkan dari SNI 2847:2013 pasal 9.5.2. Dimensi kolom yang didapat dari perhitungan sebesar 75/75 cm pada lantai 1-6, 65/65 cm pada lantai 7-11. Dimensi struktur sekunder didapatkan dari SNI 2847:2013 pasal 9.5.2. Yang meliputi ketentuan tebal minimum balok non prategang dapat disesuaikan pada tabel 9.5(a). Sedangkan untuk dimensi pelat digunakan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2 dengan melihat tabel 9.5(c). adapun hasil modifikasi sebagai berikut :
  - a. Struktur Sekunder
    - Dimensi balok anak = 30/50 cm
    - Tebal pelat = 12 cm
  - b. Struktur Primer
    - Dimensi balok induk = 55/70 cm
    - Dimensi kolom = 75/75 cm dan 65/65 cm
    - Pile cap = 2,50 x 6,25 x 1,0 m
    - Tiang pancang = D50, H = 21 m
2. Komponen pracetak disambung dengan menggunakan sambungan basah dan konsol pendek serta splice sleeve pada kolom agar bangunan tersebut menjadi bangunan pracetak yang monolit.

3. Detailing sambungan pracetak dirancang bersifat monolit antar elemennya dengan tulangan-tulangan dan shear connector yang muncul dari setiap elemen pracetak dan splice sleeve pada kolom pracetak untuk menyatukannya dengan elemen cor di tempat . Sambungan didesain sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
4. Menganalisa gaya-gaya dalam struktur gedung menggunakan program ETABS 2013 dengan memasukkan gaya-gaya yang bekerja pada pelat serta beban vertical dan horizontal.
5. Pondasi direncanakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan menerima beban dari atas melalui pile cap.
6. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada perencanaan ulang gedung Prime Biz Hotel akan dituangkan pada gambar teknik yang ada pada lampiran.

## 5.2. Saran

Berdasarkan analisa selama proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat penulis sampaikan adalah diantaranya :

1. Perlu pengawasan dengan baik pada saat pelaksanaan sambungan antar elemen beton pracetak karena sambungan beton pracetak tentu tidak semonolit seperti pada sambungan dengan cor setempat agar nantinya pada saat memikul beban tidak terjadi gaya-gaya tambahan yang tidak diinginkan pada daerah sambungan akibat dari kurang sempurnanya pengerjaan sambungan.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut perihal pengembangan teknologi pracetak agar lebih efisien dalam penggunaannya, sehingga para pelaku dunia konstruksi lebih mudah dalam mengaplikasikan metode beton pracetak.

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 1727:2013 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Elliott S. Kim. 2002. *Precast Concrete Structures*.

Hawkins M. Neil. 1987. **U.S.-Japan Seminar on Precast Concrete Construction in Seismic Zones**.

Precast/Prestressed Concrete Institute. 2004. *PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete Fifth Edition*. Chicago : Precast/Prestressed Concrete Institute.

Rachmat, Purwono. 2005. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa**. Surabaya : ITS Press

Wahjudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil, FTSP, ITS.

Wulfram I. Ervianto. 2006. **Eksplorasi Teknologi Dalam Proyek Konstruksi**.

## BIODATA PENULIS



### **Muhammad Zahid**

Lahir di kabupaten Tegal, Jawa Tengah pada tanggal 26 Juli 1993, merupakan anak keempat dari lima bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Nu 01 Penawaja dan lulus pada tahun 2005, SMPN 1 Talang dan lulus pada tahun 2008, SMK N 1 Adiwerna dan lulus pada tahun 2011. Setelah lulus dari SMA, pada tahun 2011 penulis kemudian melanjutkan pendidikan program Diploma 3 (D3) di Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro dan lulus pada bulan juni tahun 2014. Setelah lulus, penulis diterima bekerja di salah satu perusahaan swasta di Tegal selama 4 bulan. Selanjutnya pada bulan januari tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSP-ITS) Surabaya melalui program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP 3114 106 033.

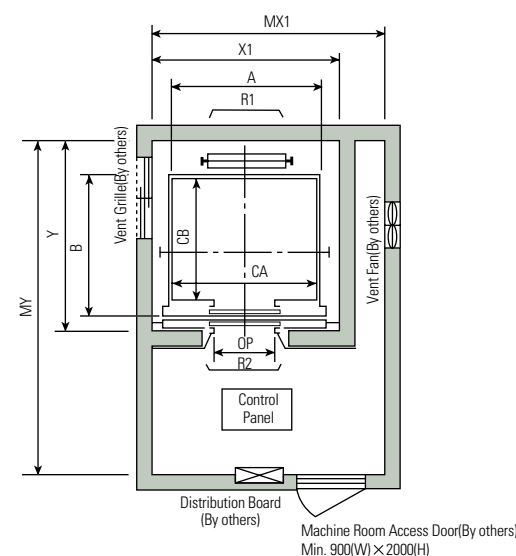
Di jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya, penulis adalah mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang studi Struktur dengan judul Tugas Akhir **”Modifikasi Perencanaan Gedung Prime Biz Hotel Menggunakan Metode Beton Pracetak Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah”**. Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri.

Email : **[muh\\_zahid15@yahoo.com](mailto:muh_zahid15@yahoo.com)**

# PASSENGER ELEVATORS

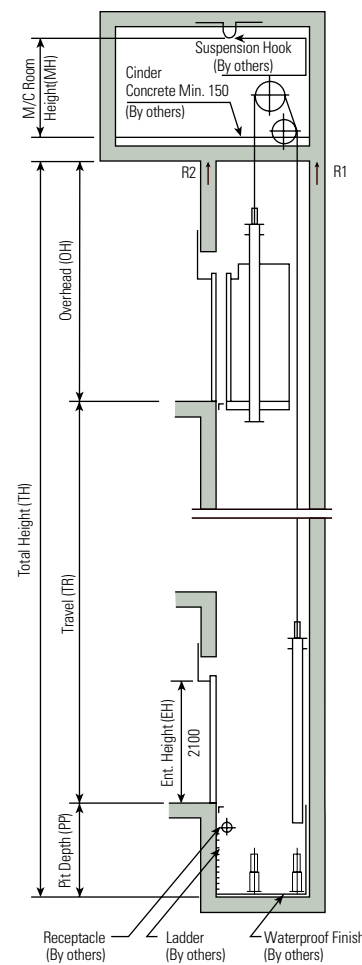
Geared Elevators | 60~105m/min

## Plan of Hoistway & Machine Room



**Note :** Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

## Section of Hoistway



## Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

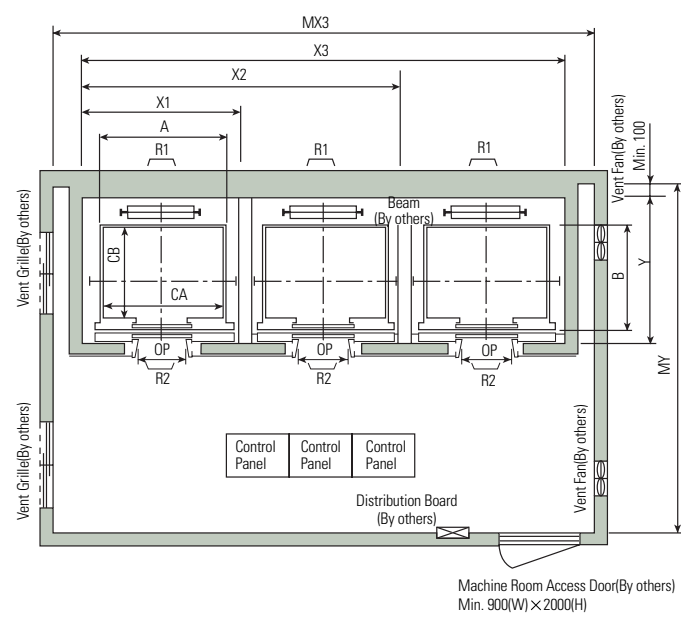
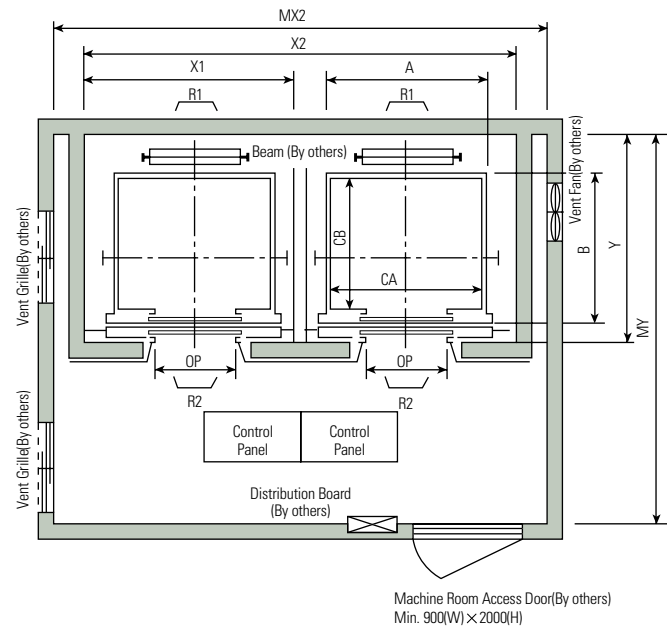
Speed (m/min)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)	
				Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth		
	Persons	kg	OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY	R1	R2
60	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250
	9	600	800	1400 × 1130	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450
	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800
90	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300
105	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800		
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000		
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800
				2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200		

- Notes :**
- Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
  - Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
  - When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
  - The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)
  - Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X1 dimension plus 100mm.

(Unit : mm)

Speed (m/min)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
60	4600	1500	2200
90	4800	1800	2400
105	5000	2100	2400

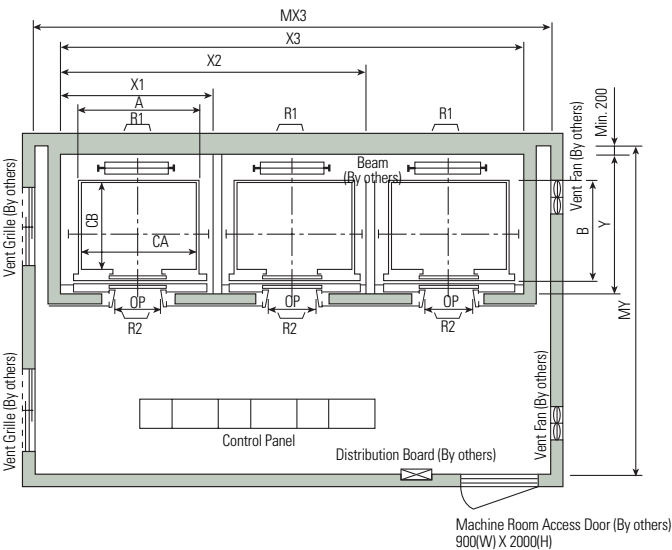
**Note :** The minimum hoistway dimensions are shown on the above table.  
Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.



# HIGH-SPEED/ULTRA-HIGH-SPEED ELEVATORS

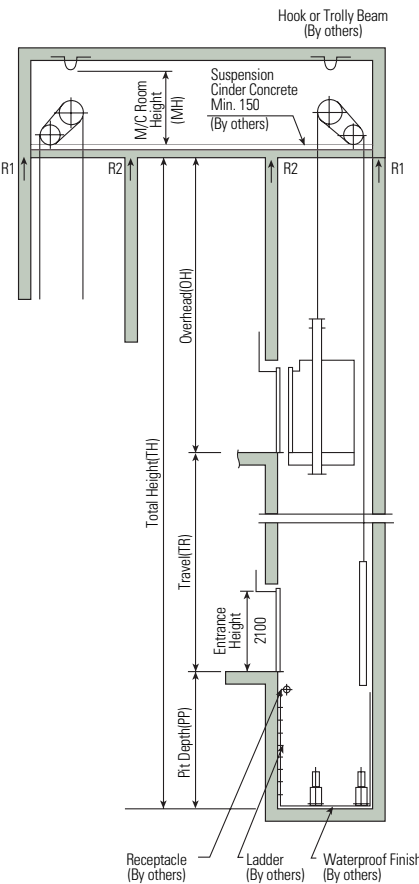
Gearless Elevators | 180~600m/min

Plan of Hoistway & Machine Room (In-Line Arrangement of 3 Units)

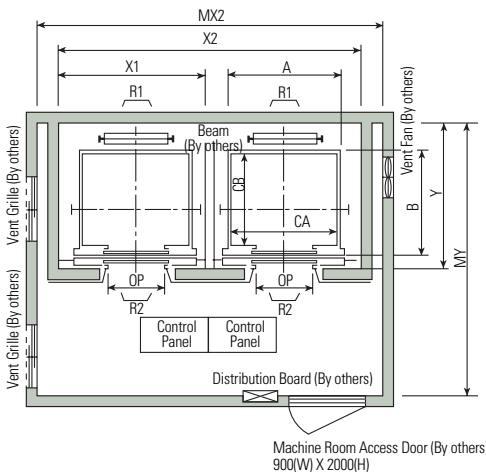
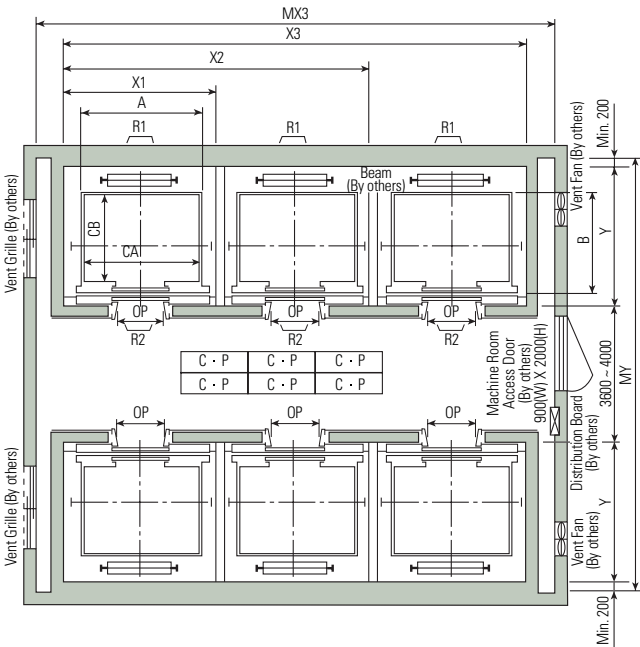


Note : Temperature should be maintained below 40°C and humidity below 90%, with installation of a ventilating fan, ventilating grille, and air conditioner (if necessary). Toxic gas or dust should not be generated.

Section of Hoistway



Face-to-Face Arrangement



Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (m/min)	Capacity		Clear Opening OP	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)	
	Persons	kg		Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	3Cars X3	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	3Cars MX3	Depth MY	R1	R2
180	13	900	900	1600 × 1350	1700 × 1570	2300	4550	6900	2200	2800	5500	7900	4500	12030	6630
				1600 × 1400	1700 × 1620	2300	4550	6900	2250	2800	5500	7900	4500	12810	6950
	15	1000	900	1600 × 1500	1700 × 1720	2300	4550	6900	2350	2800	5500	7900	4700	13080	7130
				1600 × 1550	1700 × 1770	2300	4550	6900	2400	2800	5500	7900	4700		
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1720	2500	4950	7500	2400	3000	6100	8800	4700		
			1100	2000 × 1350	2100 × 1570	2700	5350	8100	2250	3200	6250	9100	4500		
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1920	2500	4950	7500	2600	3000	6100	8900	5000		
				1800 × 1730	1900 × 1950	2500	4950	7500	2630	3000	6100	8900	5000	14360	7650
				2000 × 1500	2100 × 1720	2700	5350	8100	2400	3200	6250	9100	4700		
				2000 × 1550	2100 × 1770	2700	5350	8100	2450	3200	6250	9100	4700		
210 240	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1970	2700	5350	8100	2650	3200	6250	9100	5000		
				2000 × 1800	2100 × 2020	2700	5350	8100	2700	3200	6250	9100	5000	15090	8080
				2150 × 1600	2250 × 1820	2850	5650	8550	2500	3400	6500	9400	4900		
				2150 × 1670	2250 × 1890	2850	5650	8550	2570	3400	6500	9500	4900		
	15	1000	900	1600 × 1500	1700 × 1720		4600	6950	2400		5600	8200	4900		
			1000	1600 × 1550	1700 × 1770		4600	6950	2450		5600	8200	4900	12810	7800
				1800 × 1300	1900 × 1520		5000	7550	2200		5800	8400	4900		
				1800 × 1370	1900 × 1590		5000	7550	2300		5800	8400	4900		
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1720		5000	7550	2400		6100	8900	4900	14100	8000
			1100	2000 × 1350	2100 × 1570		5400	8150	2250		6200	9000	4900		
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1920		5000	7550	2600		6100	8800	5000		
				1800 × 1730	1900 × 1950		5000	7550	2650		6100	8800	5000	15100	8050
			1100	2000 × 1500	2100 × 1720		5400	8150	2400		6200	9000	5000		
				2000 × 1550	2100 × 1770		5400	8150	2450		6200	9000	5000		
300 360	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1970		5400	8150	2650		6400	9000	5000		
				2000 × 1800	2100 × 2020		5400	8150	2700		6400	9000	5000	15700	8100
				2150 × 1600	2250 × 1820		5700	8650	2500		6500	9400	5000		
				2150 × 1670	2250 × 1890		5700	8650	2600		6500	9400	5000		
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1920		5100	7700	2650		6200	9100	6000		
			1100	1800 × 1730	1900 × 1950		5100	7700	2700		6200	9100	6300	17800	13200
				2000 × 1500	2100 × 1720		5500	8300	2450		6200	9100	5900		
				2000 × 1550	2100 × 1770		5500	8300	2500		6200	9100	6300		
420 480 540 600	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1970		5500	8300	2650		6500	9100	6300	18100	13500
				2000 × 1800	2100 × 2020		5500	8300	2700		6500	9100	6300		
				2150 × 1600	2250 × 1820		5800	8750	2500		6500	9400	6200		
				2150 × 1670	2250 × 1890		5800	8750	2600		6500	9400	6300		

Notes : 1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.  
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.  
3. For elevators with more than 28 persons capacity, consult Hyundai.  
4. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.  
5. The capacity in persons is calculated at 68kg/person. (EN81=75kg/person)  
6. Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X1 dimension plus 100mm.  
7. The maximum speed capabilities of Hyundai is 1080m/min. Consult Hyundai.

(Unit : mm)

Speed (m/min)	Overhead (OH)	Top Clearance (TC)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)	Speed (m/min)	Overhead (OH)	Top Clearance (TC)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
180	6000	2300	2700	2500	420	8500	4200	6000	3200
210	6400	2700	3200	2800	480	9500	5700	6400	3500
240	7100	3350	3850	2800	540	9750	5950	8800	3500
300	8000	4000	4200	3000	600	10000	6200	9000	3500
360	8300	4000	4300	3000					

Notes : 1. The above table shows minimum figures. Therefore, some allowances should be made considering errors that may occur during construction.  
2. Above dimensions are applied in case car height is 2800mm. In case car height is over 2800mm, overhead should be applied above dimension plus additional height.



# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	:	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

**KLIEN** : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN  
**PROYEK** : PEMBANGUNAN APARTEMEN  
**LOKASI** : JL. KENJERAN 504 SURABAYA  
**TITIK BOR No.** : BH - 5

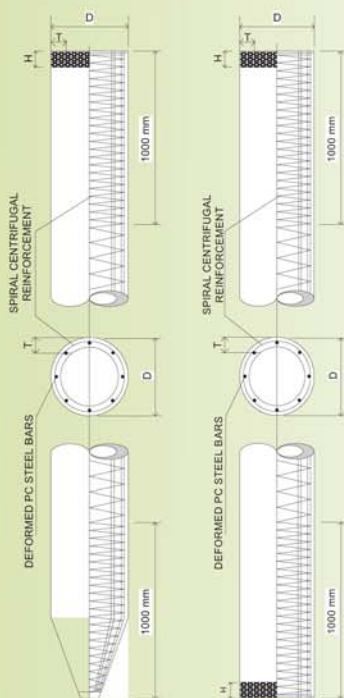
**TANGGAL** : 22 - 23 Agustus 2016  
**MASTER BOR** : Ropii Cs  
**ELEVASI** :  $\pm 0.00$  m - MT  
**MAT** : - 1,0 m

KEDALAMAN (meter)	MAT	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH	SAMPLE	SPT (blow/feet)				Kedalaman (m)
					SPT/15 cm			Jumlah (Blow/ft)	
0			PASIR KERIKIL BERLANAU (COKLAT)		15	15	15		0.00
2			LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1	-3
4			PASIR BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1	-6
6			LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1	-9
8			LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1	-12
10			LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1	-15
12			LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1	-18
14			LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1	-21
16			LEMPUNG BERPASIR BERLANAU (COKLAT)		6	14	18	32	-24
18			LEMPUNG BERPASIR BERKERIKIL (COKLAT)		9	16	19	35	-27
20			LEMPUNG BERPASIR BERKERIKIL (COKLAT)		21	25	28	50	-30
22			LEMPUNG PASIR BERKERIKIL (COKLAT)		>60			50	-33
24			PASIR BERLEMPUNG BERKERIKIL (COKLAT)		19	22	30	50	-36
26			PASIR BERLEMPUNG BERKERIKIL (COKLAT)		19	22	30	50	-39
28			PASIR BERLEMPUNG BERKERIKIL (COKLAT)		19	22	30	50	-42
30			LEMPUNG BERPASIR (ABU-ABU)		20	24	30	50	-45





## Figure & Specification



Out Side Diameter	Type	Thickness	Cross Section Area	Bearing Capacity	Cracking Bending Moment	Ultimate Bending Moment
( mm )		( mm )	( Cm <sup>2</sup> )	( ton )	( t.m )	( t.m )
300	A	60	452.4	70	2,5	3,8
	AB				3,0	5,0
	B				3,5	6,3
	C				4,0	8,0
350	A	65	582.0	90	3,5	5,2
	AB				4,0	7,1
	B				5,0	9,0
	C				6,0	12
400	A	70	765.8	118	5,5	8,2
	AB				6,5	10,7
	B				7,5	13,5
	C				9,0	18,0
450	A	75	929.9	143	7,5	11,2
	AB				9,0	15,5
	B				11,0	19,8
	C				12,0	25,0
500	A	90	1159.0	178	10,5	15,7
	AB				12,5	18,8
	B				15,0	27,0
	C				17,0	34,0
600	A	100	1670.8	242	17,0	25,5
	AB				20,0	35,3
	B				25,0	45,0
	C				29,0	58,0

The manufacture of this pile uses combine system : Prestressing, Spinning and Steam Curing Which are done in the plant. Due to above system, the resulted process the folowing qualities : Stable, High Qua;ity, High Density of Concrete, with extremely low absorption rate, totally free of corrosion problem High Resistance to shock, due to it's elasticity. The effective prestress at type A, AB, B, C are about 40,60, 80, 100 Kg/Cm2 respectively. Bearing capacity determined by the material of concrete with concrete allowable stress in accordace with ACI 543 :  $0.33 \times 500 - 0.27 \times 40 = 154 \text{ Kg/Cm}^2$  ( for type A ple, the other types are changed of effective prestressed).

### Calculation of Bearing Capacity Dynamic Formula

$$Ra = \frac{2WH}{5S \cdot 0.1}$$

Ra = Allowable Bearing Capacity (ton)

W = Weight of Hammer (ton)

H = Height of Ram Stroke (m)

S = Final Settlement of Pile, Determined as the average of the average of the last 10 blows (m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid ST, MT Phd  
Dr. Techn. Pujo Aji ST, MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

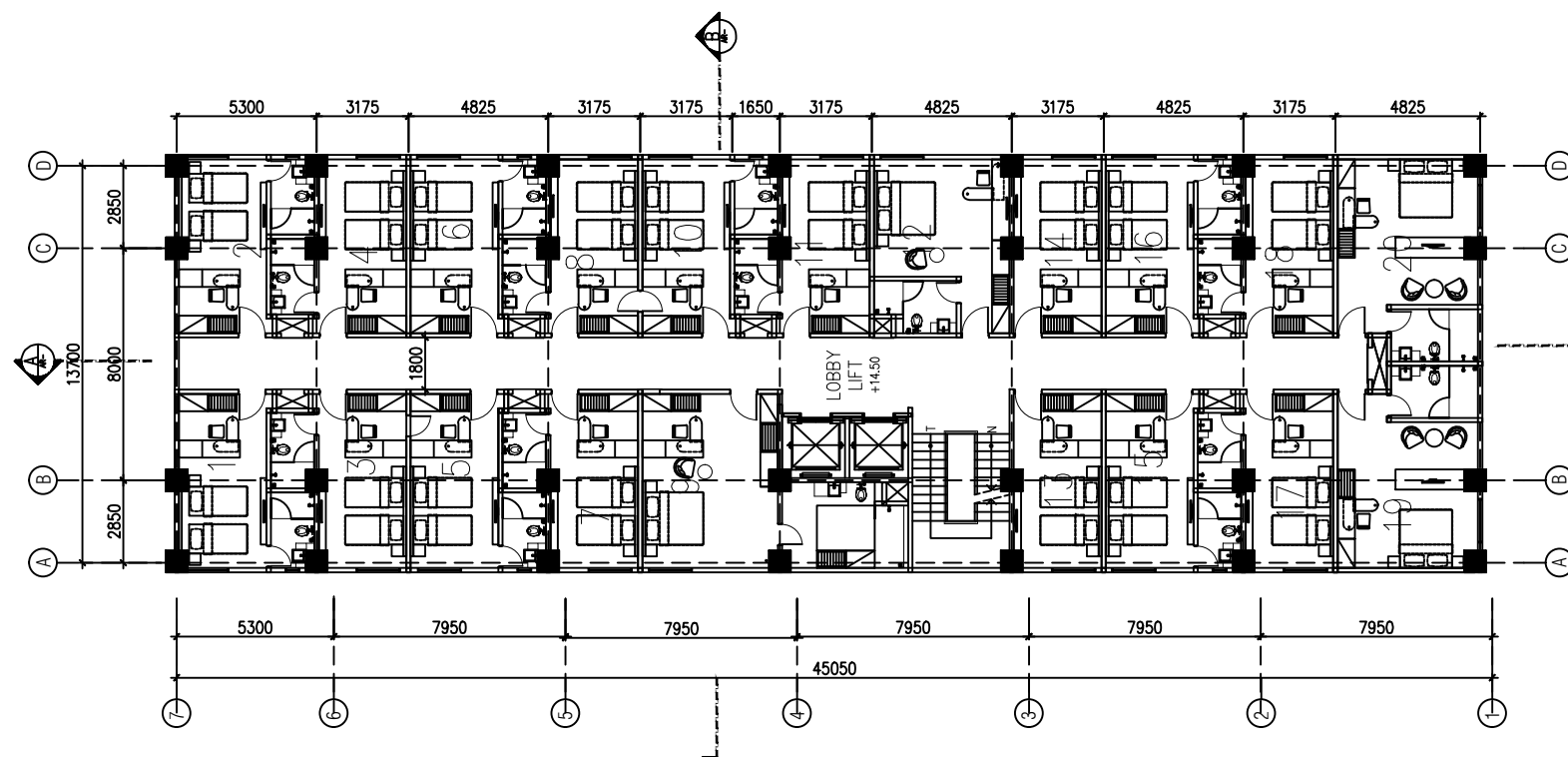
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

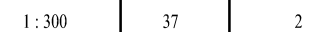
DENAH TIPIKAL LANTAI 1 - 11

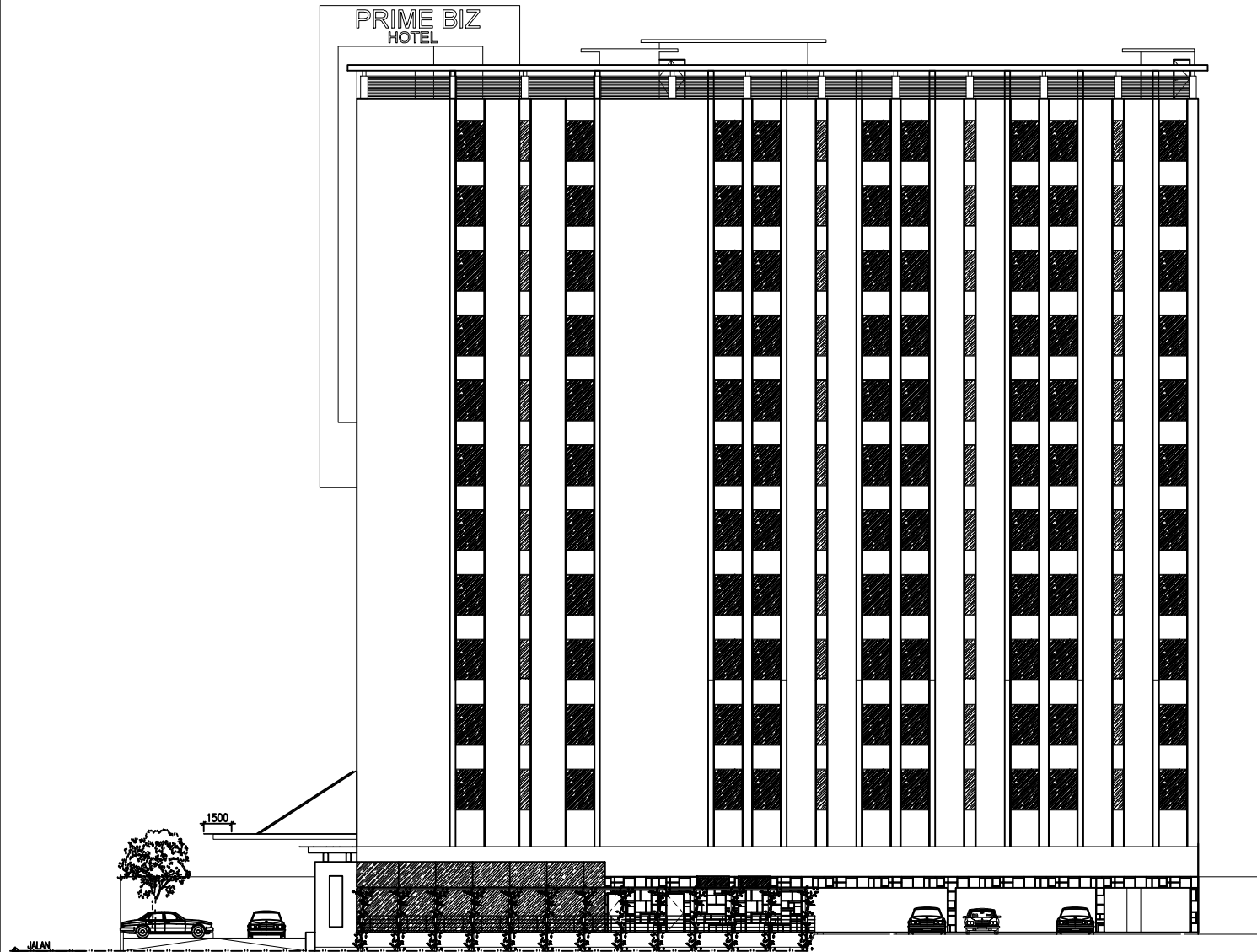
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 250	37	1



DENAH TIPIKAL LANTAI 1 - 11

SKALA 1 : 250





TAMPAK SAMPING KANAN  
SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr.techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

TAMPAK SAMPING KANAN

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 300	37	3



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

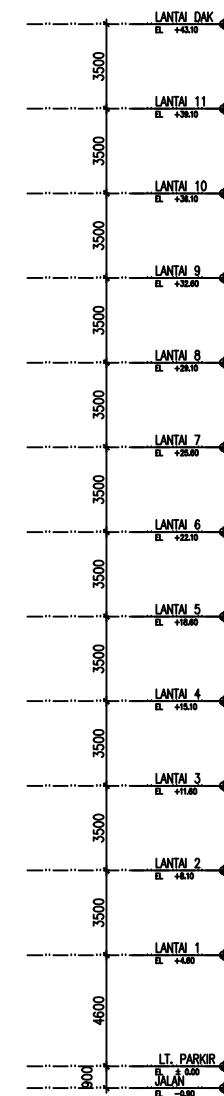
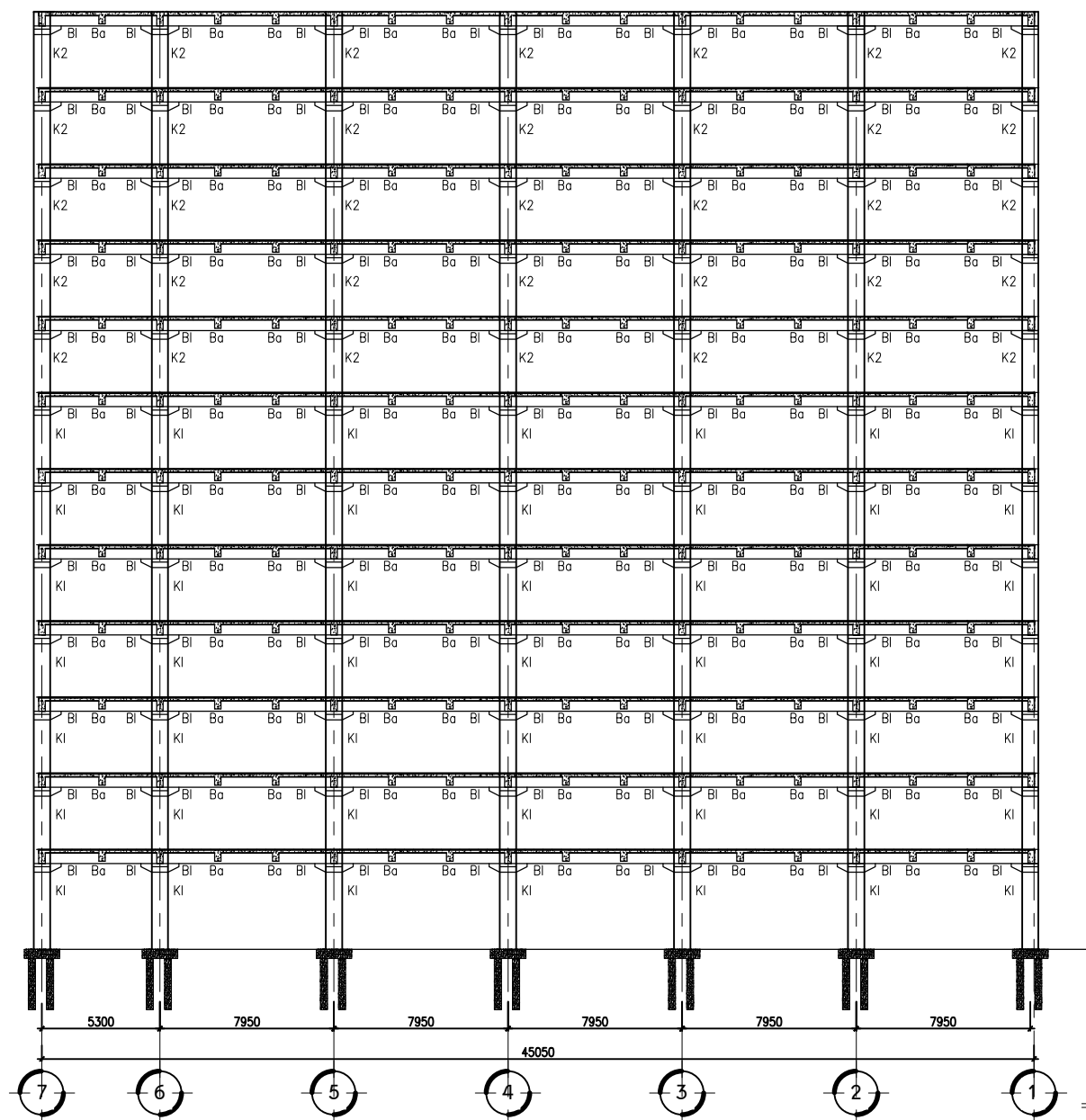
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

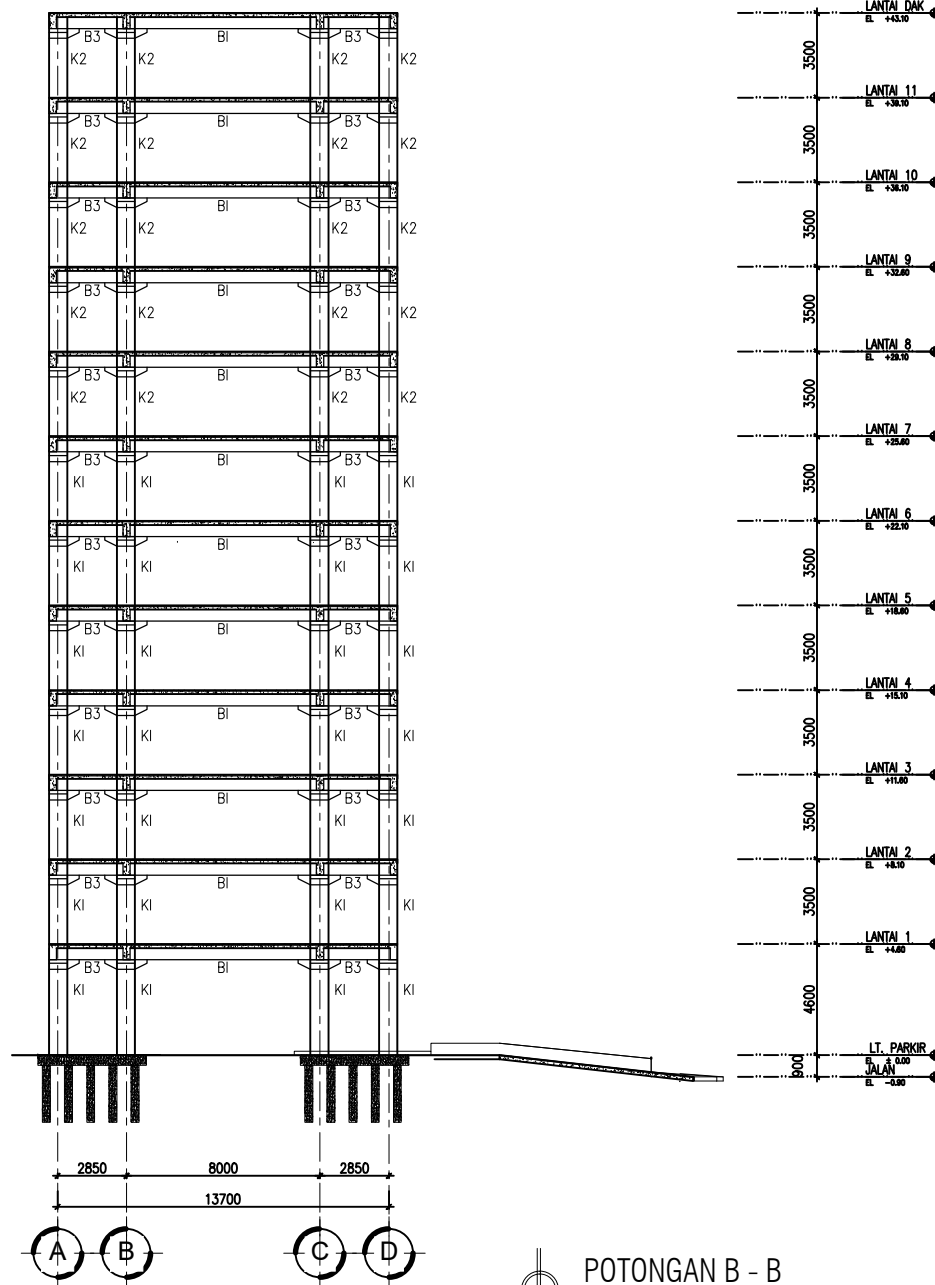
POTONGAN A - A

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 300	37	4



POTONGAN A - A

SKALA 1 : 300



POTONGAN B - B  
SKALA 1 : 300

KOLOM		
	DIMENSI	KETERANGAN
K1	750 X 750	LT. 1 s/d LT. 6
K2	650 X 650	LT. 7 s/d LT. LT. DAK

BALOK		
	DIMENSI	KETERANGAN
B1	550 X 700	L = 8 m
B2	550 X 700	L = 7.95 m
B3	550 X 700	L = 2.85 m
B4	330 X 500	L = 5.3 m
BA1	330 X 500	L = 8 m
BA2	330 X 500	L = 6.00 m
BA3	330 X 500	L = 2.85 m



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

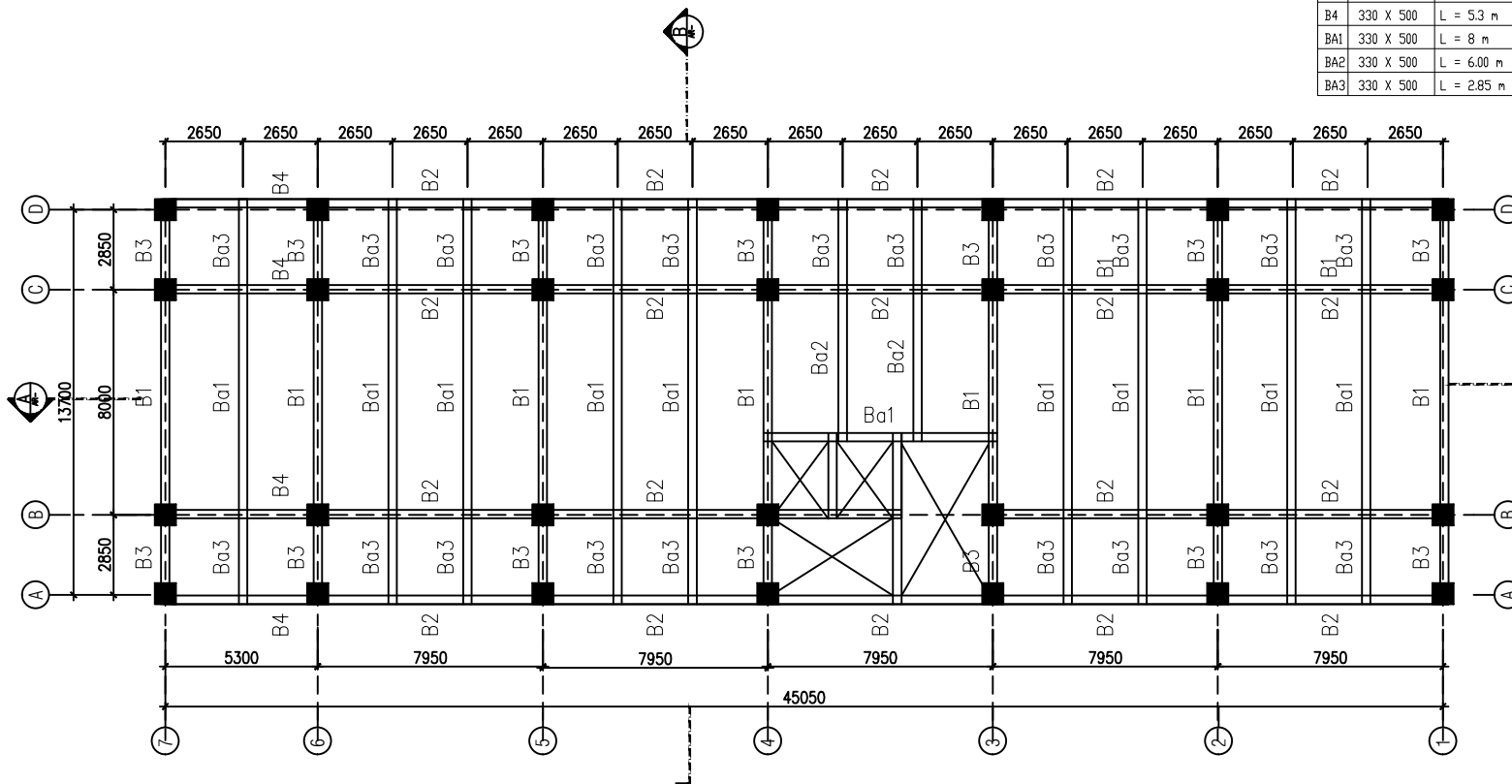
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

POTONGAN B - B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 300	37	5



KOLOM		
	DIMENSI	KETERANGAN
K1	750 X 750	LT. 1 s/d LT. 6
K2	650 X 650	LT. 7 s/d LT.11
BALOK		
	DIMENSI	KETERANGAN
B1	550 X 700	L = 8 m
B2	550 X 700	L = 7.95 m
B3	550 X 700	L = 2.85 m
B4	330 X 500	L = 5.3 m
BA1	330 X 500	L = 8 m
BA2	330 X 500	L = 6.00 m
BA3	330 X 500	L = 2.85 m



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

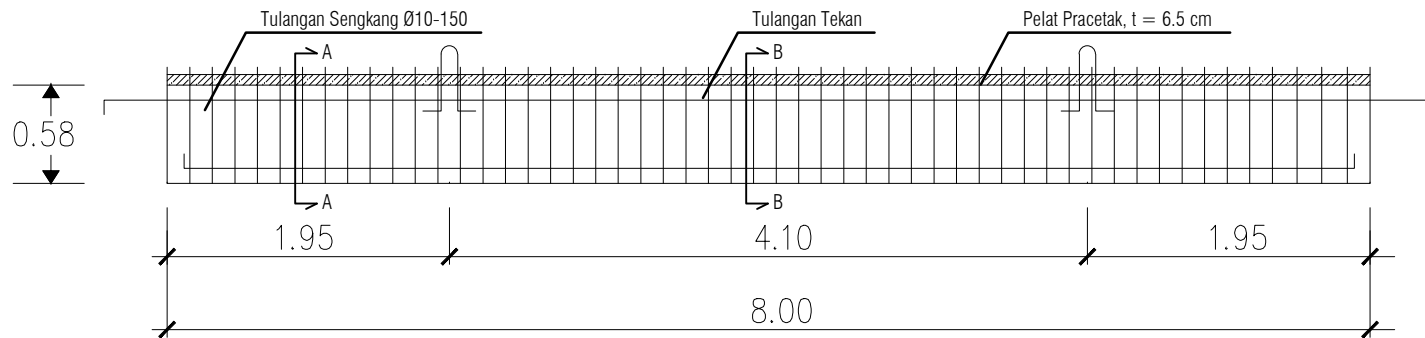
SISTEM PEMBALOKAN LANTAI 1 - 11

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 250	37	6

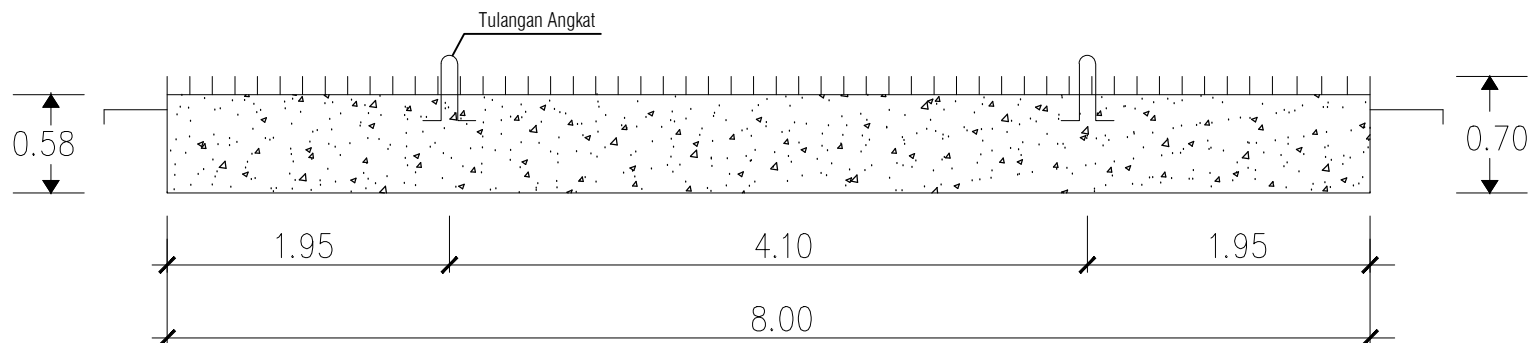


SISTEM PEMBALOKAN LANTAI 1 - 11

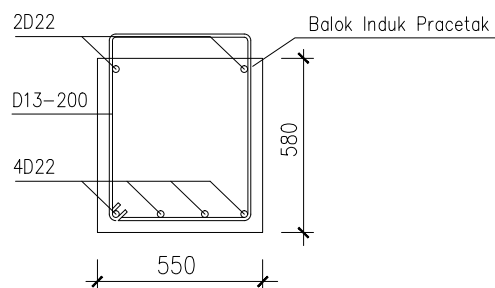
SKALA 1 : 250



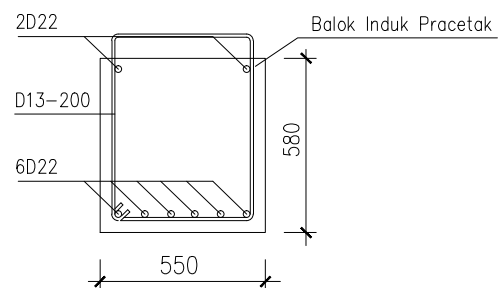
**BALOK INDUK B1 SEBELUM KOMPOSIT**  
SKALA 1 : 50



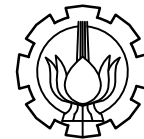
**PENGANGKATAN BALOK INDUK B1**  
SKALA 1 : 50



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 25



**Potongan B-B**  
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

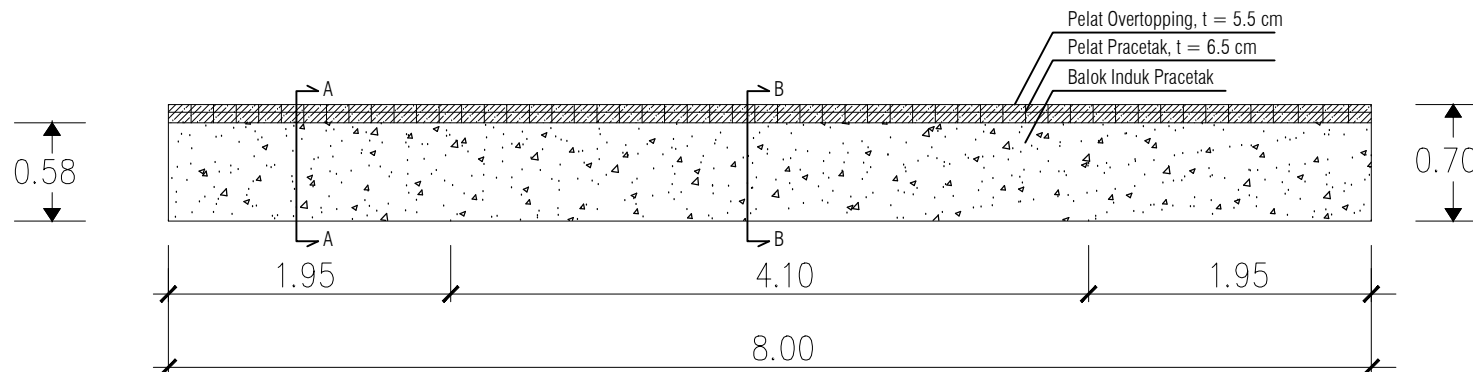
REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

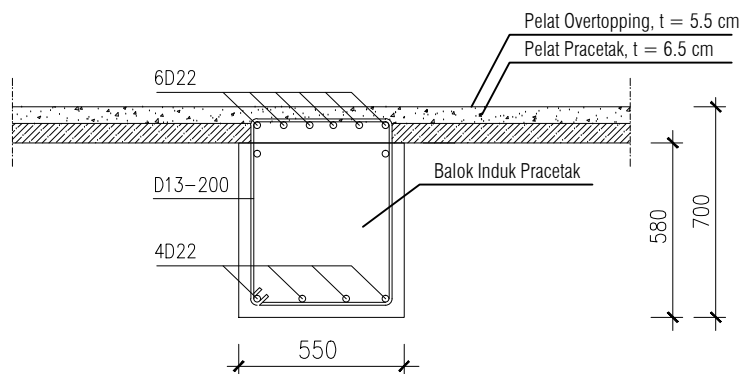
BALOK INDUK B1 SEBELUM KOMPOSIT  
PENGANGKATAN BALOK INDUK B1  
Potongan A - A  
Potongan B - B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	7

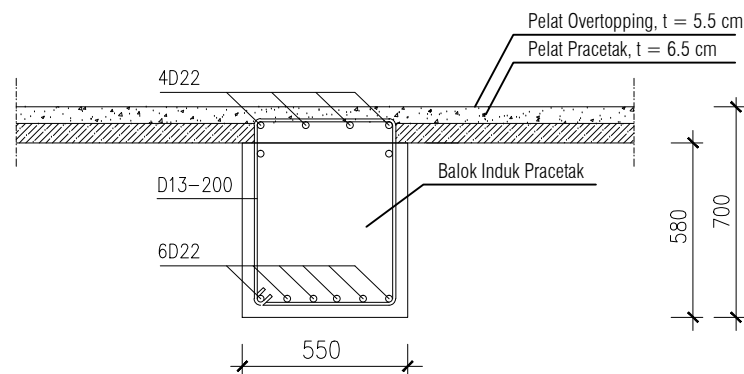




**BALOK INDUK B1 SESUDAH KOMPOSIT**  
SKALA 1 : 50



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 25



**Potongan B-B**  
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujio Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

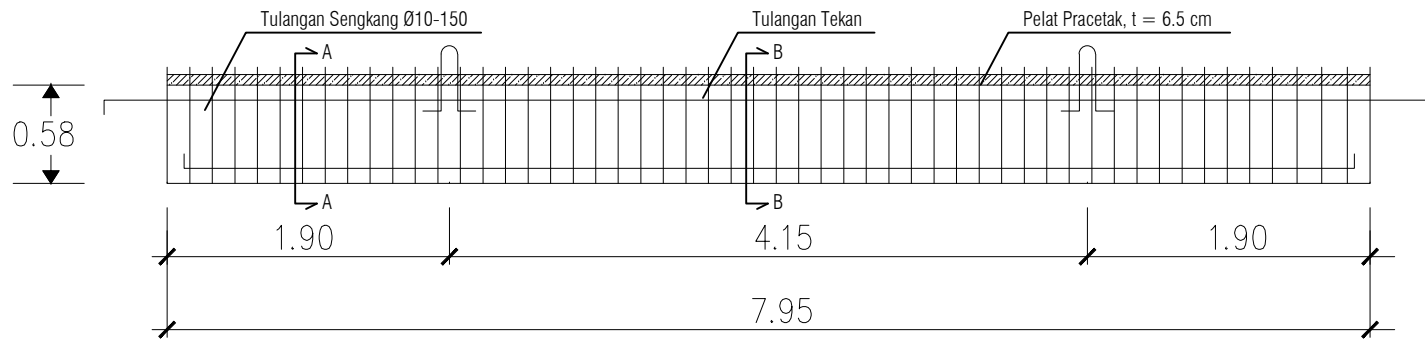
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

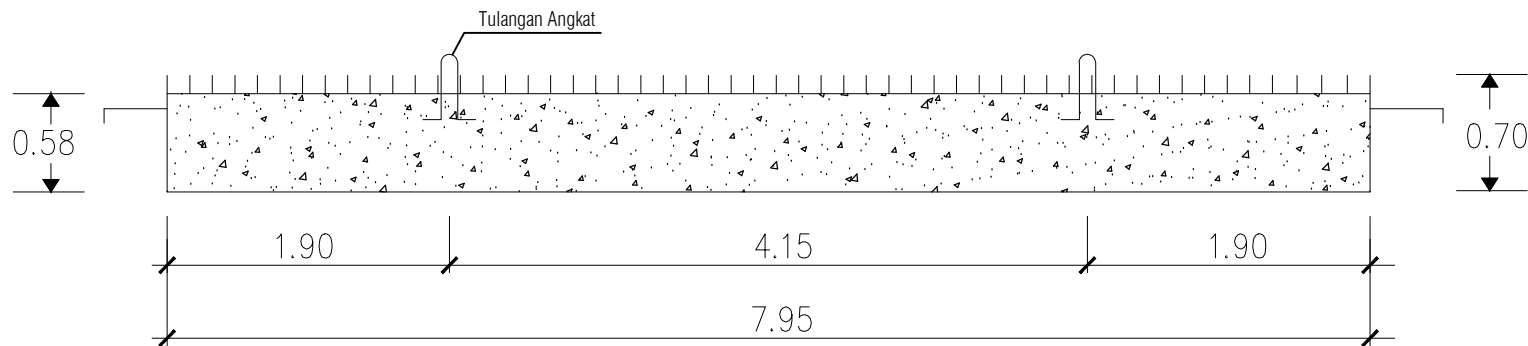
NAMA GAMBAR

BALOK INDUK B1 SESUDAH KOMPOSIT  
Potongan A - A  
Potongan B - B

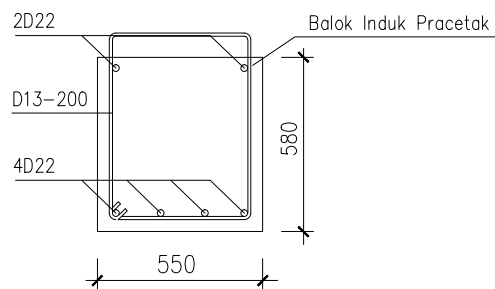
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	8



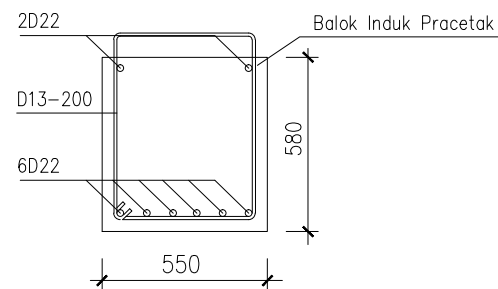
**BALOK INDUK B2 SEBELUM KOMPOSIT**  
SKALA 1 : 50



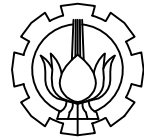
**PENGANGKATAN BALOK INDUK B2**  
SKALA 1 : 50



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 25



**Potongan B-B**  
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

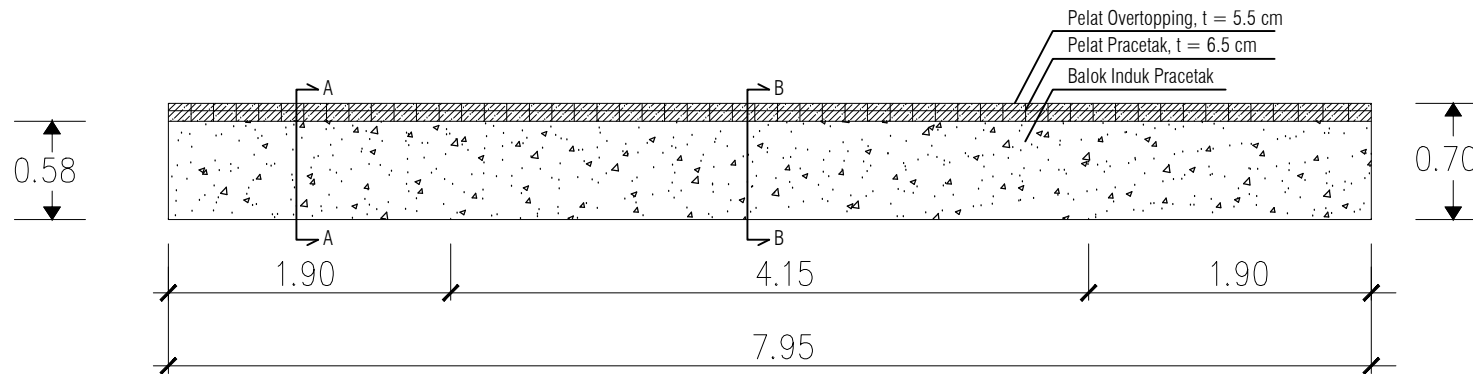
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

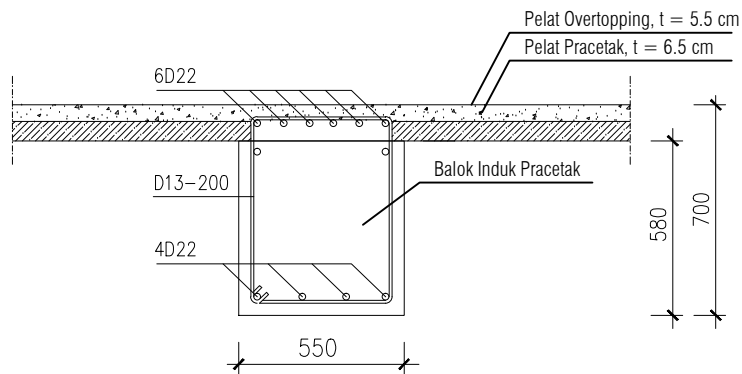
BALOK INDUK B2 SEBELUM KOMPOSIT  
PENGANGKATAN BALOK INDUK B2  
Potongan A - A  
Potongan B - B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	9



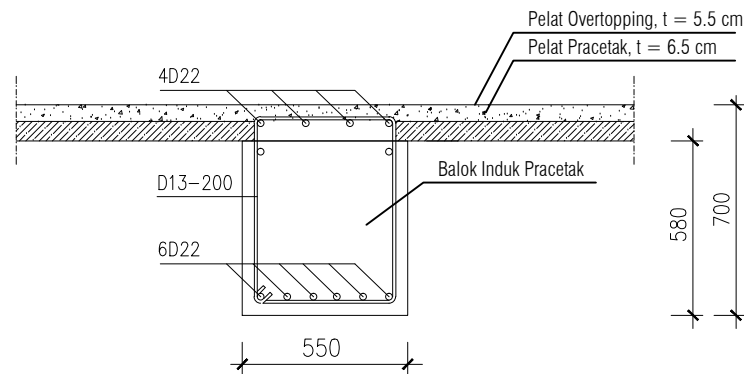
## BALOK INDUK B2 SESUDAH KOMPOSIT

SKALA 1 : 50



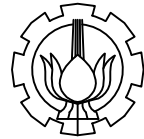
## Potongan A-A

SKALA 1 : 25



## Potongan B-B

SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujio Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

REVISI

TANGGAL

CATATAN

NAMA GAMBAR

BALOK INDUK B2 SESUDAH KOMPOSIT  
Potongan A - A  
Potongan B - B

SKALA

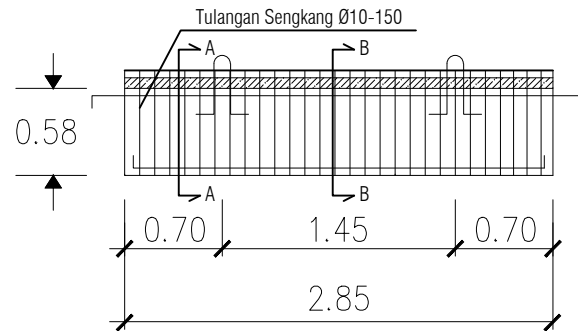
JUMLAH  
GAMBAR

NOMOR  
GAMBAR

1 : 50  
1 : 25

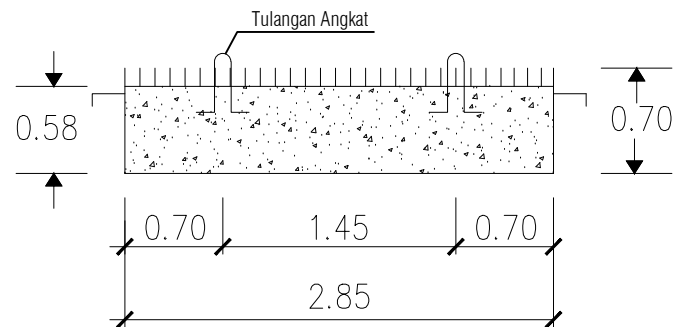
37

10



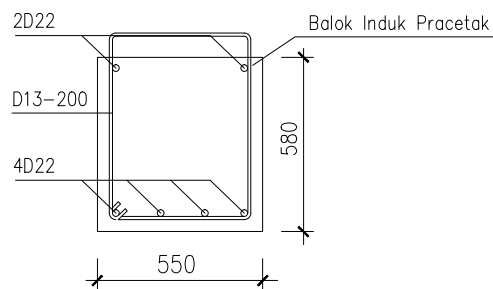
## BALOK INDUK B3 SEBELUM KOMPOSIT

SKALA 1 : 50



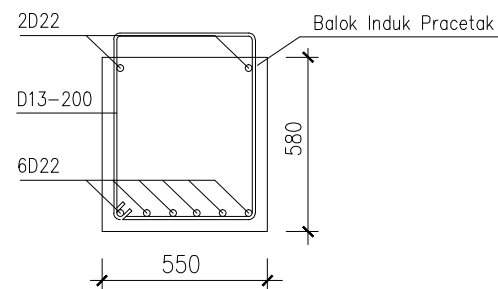
## PENGANGKATAN BALOK INDUK B3

SKALA 1 : 50



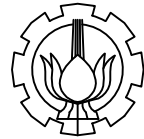
### Potongan A-A

SKALA 1 : 25



### Potongan B-B

SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

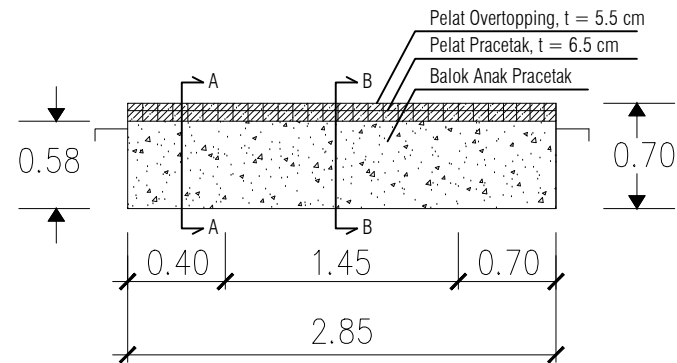
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

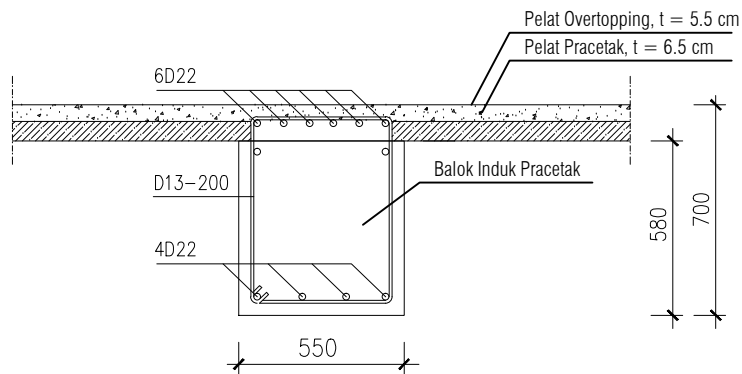
NAMA GAMBAR

BALOK INDUK B3 SEBELUM KOMPOSIT  
PENGANGKATAN BALOK INDUK B3  
Potongan A - A  
Potongan B - B

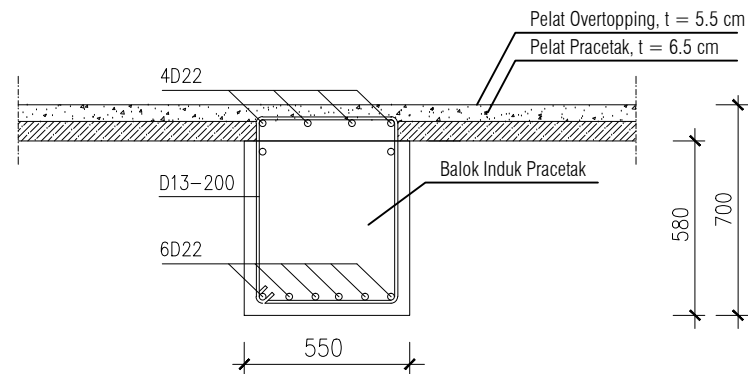
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	11



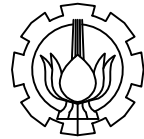
 **BALOK INDUK B3 SESUDAH KOMPOSIT**  
SKALA 1 : 50



 **Potongan A-A**  
SKALA 1 : 25



 **Potongan B-B**  
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

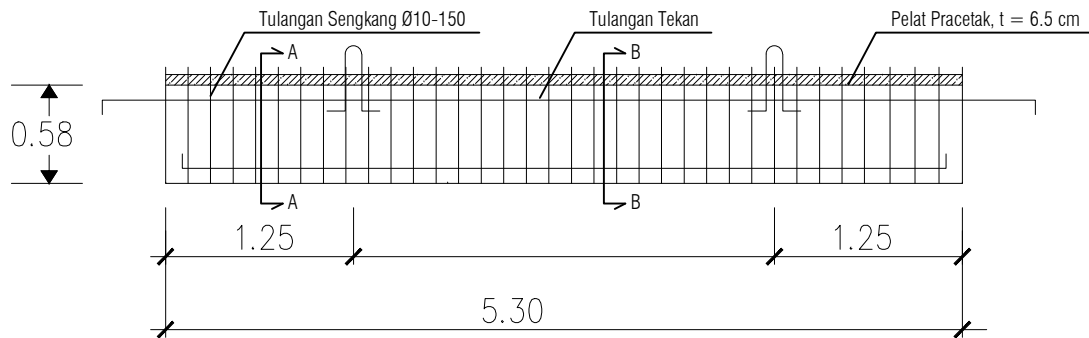
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

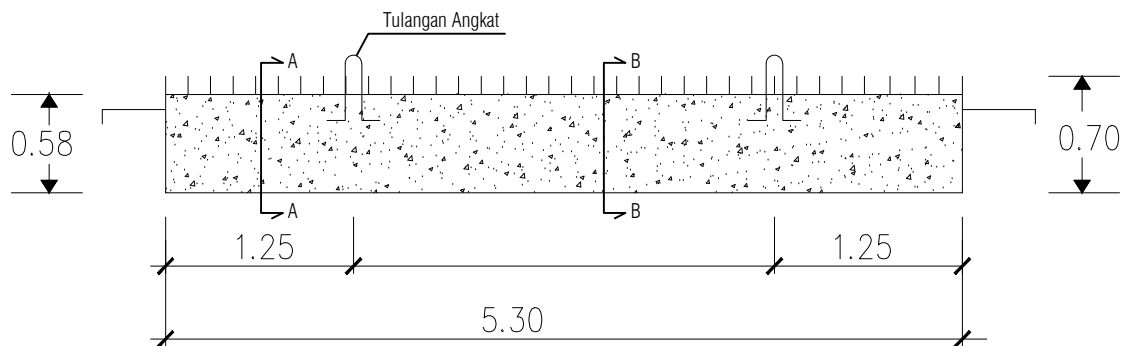
NAMA GAMBAR

BALOK INDUK B3 SESUDAH KOMPOSIT  
Potongan A - A  
Potongan B - B

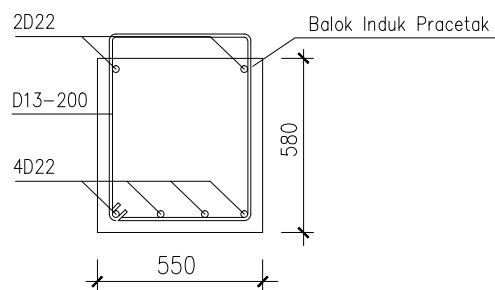
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	12



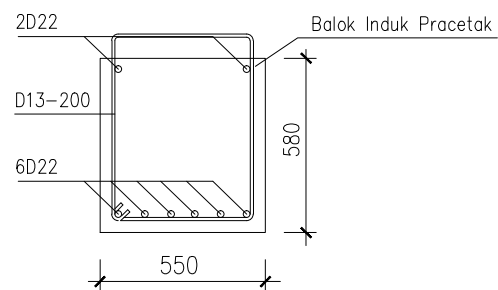
**BALOK INDUK B4 SEBELUM KOMPOSIT**  
SKALA 1 : 50



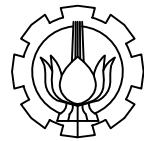
**PENGANGKATAN BALOK INDUK B4**  
SKALA 1 : 50



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 25



**Potongan B-B**  
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

BALOK INDUK B3 SEBELUM KOMPOSIT  
PENGANGKATAN BALOK INDUK B4  
Potongan A - A  
Potongan B - B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	13



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujio Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

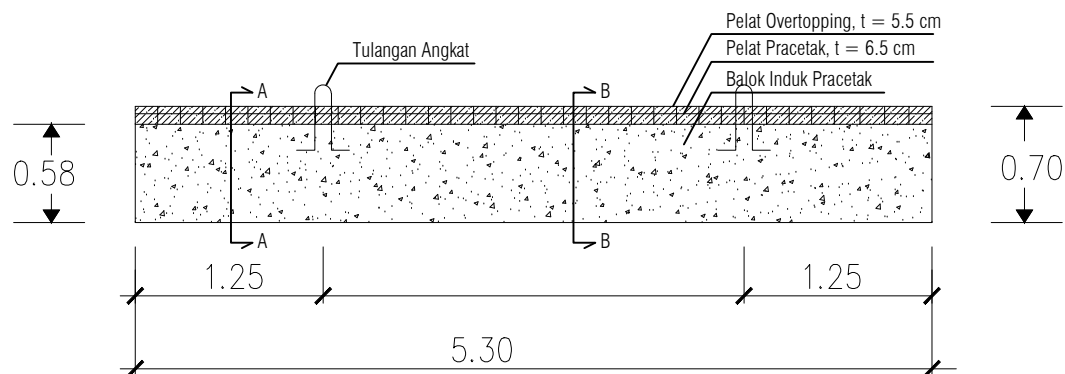
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

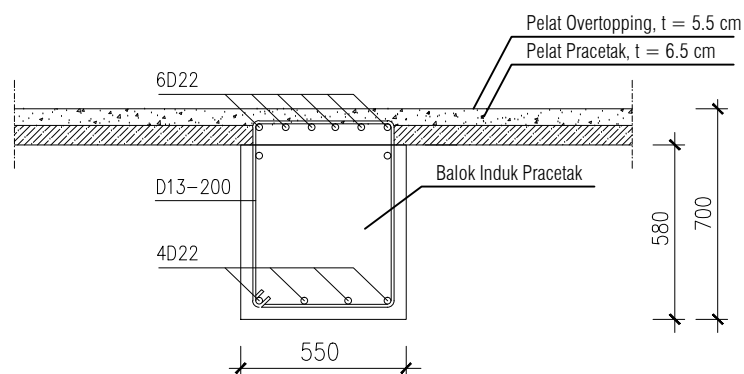
BALOK INDUK B4 SESUDAH KOMPOSIT  
Potongan A - A  
Potongan B - B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	14



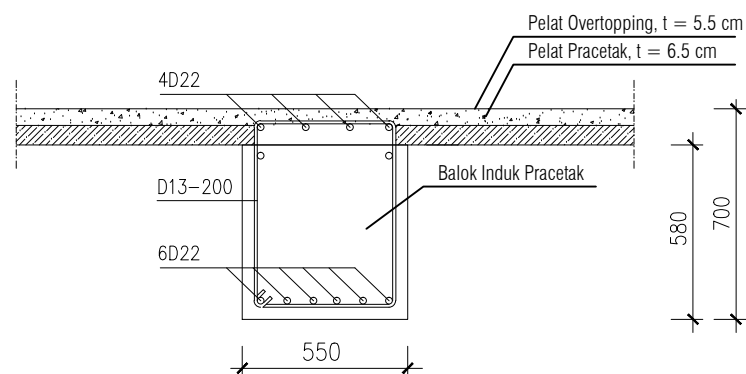
**BALOK INDUK B4 SESUDAH KOMPOSIT**

SKALA 1 : 50



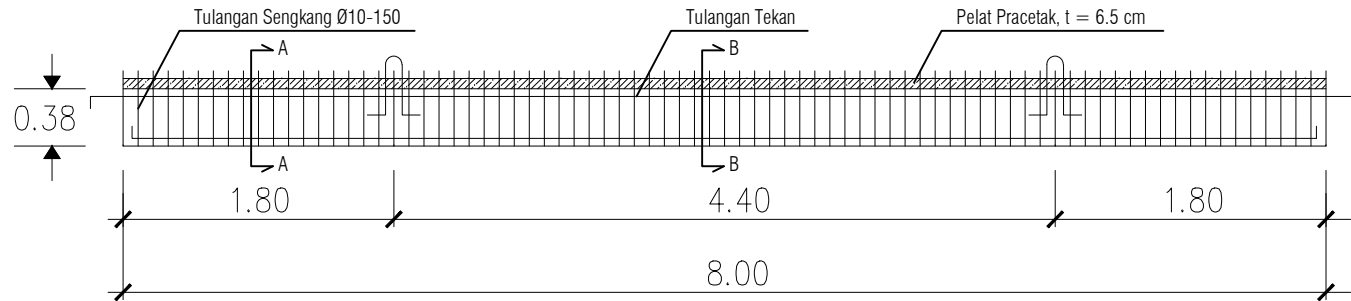
**Potongan A-A**

SKALA 1 : 25

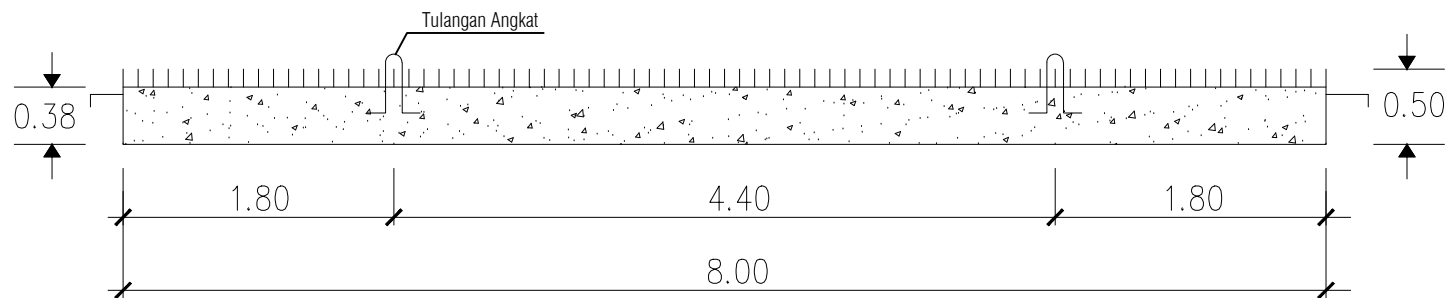


**Potongan B-B**

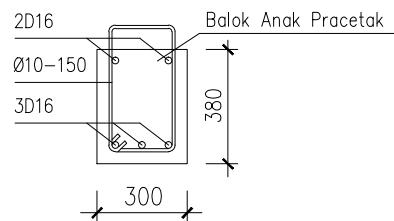
SKALA 1 : 25



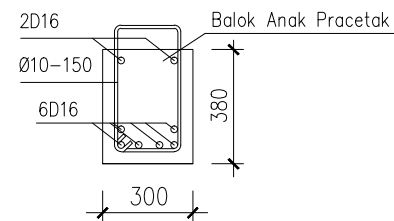
**BALOK ANAK BA1 SEBELUM KOMPOSIT**  
SKALA 1 : 50



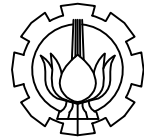
**PENGANGKATAN BALOK ANAK BA1**  
SKALA 1 : 50



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 25



**Potongan B-B**  
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

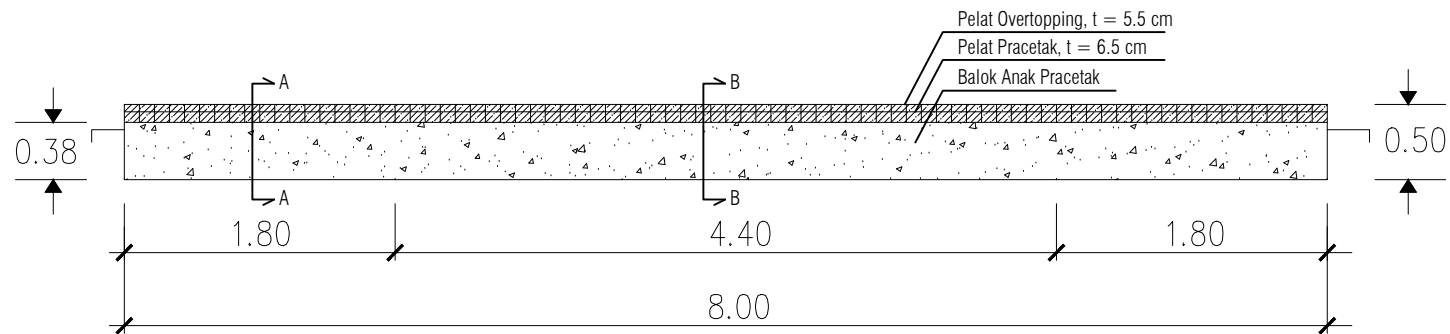
REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

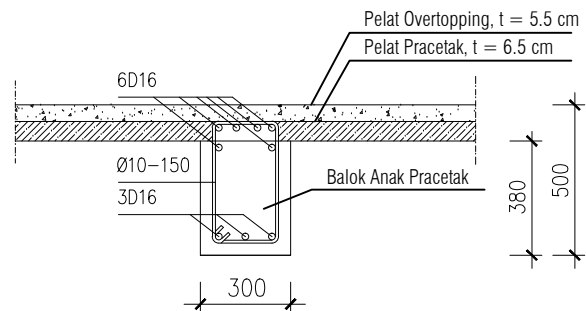
BALOK ANAK BA1 SEBELUM KOMPOSIT  
PENGANGKATAN BALOK ANAK BA1  
Potongan A - A  
Potongan B - B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	15

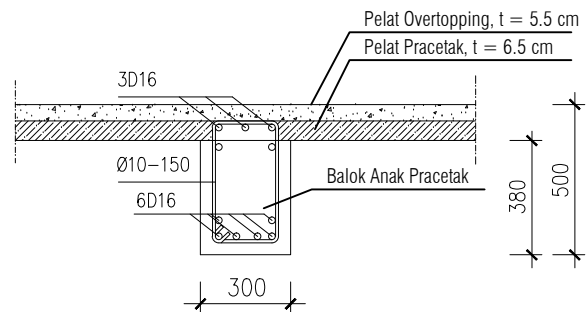




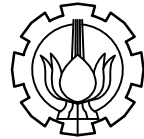
**BALOK ANAK BA1 SESUDAH KOMPOSIT**  
SKALA 1 : 50



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 25



**Potongan B-B**  
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

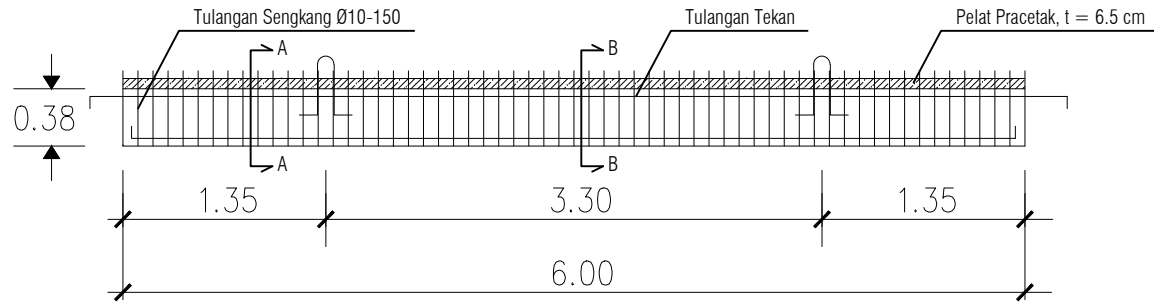
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

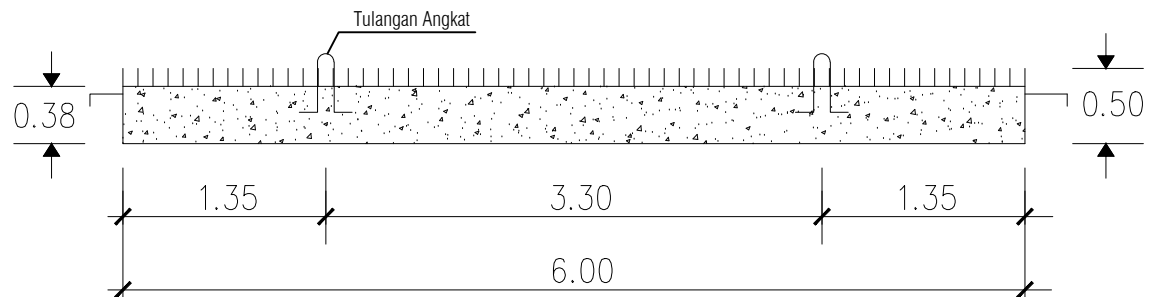
NAMA GAMBAR

BALOK ANAK BA1 SESUDAH KOMPOSIT  
Potongan A - A  
Potongan B - B

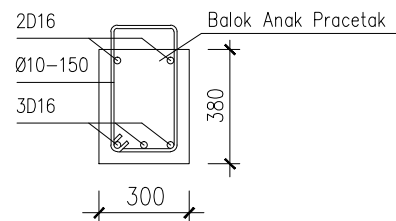
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	16



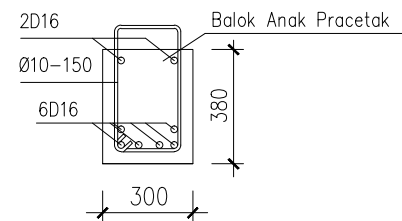
**BALOK ANAK BA2 SEBELUM KOMPOSIT**  
SKALA 1 : 50



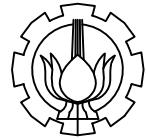
**PENGANGKATAN BALOK ANAK BA2**  
SKALA 1 : 50



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 25



**Potongan B-B**  
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

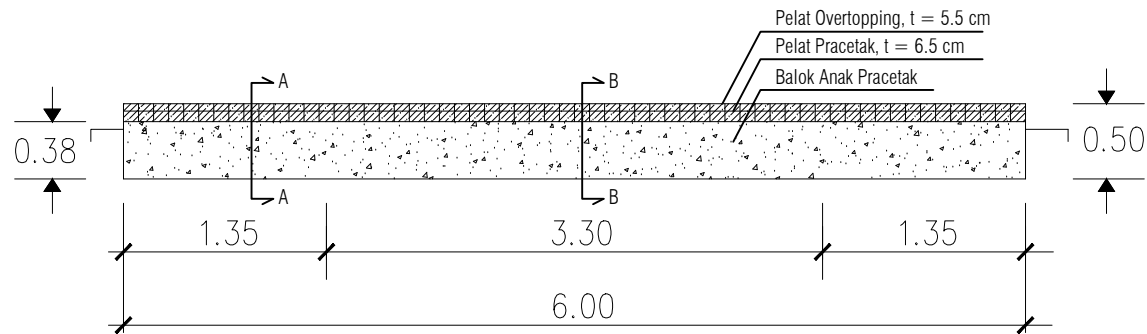
Muhammad Zahid 3114106033


REVISI	TANGGAL	CATATAN

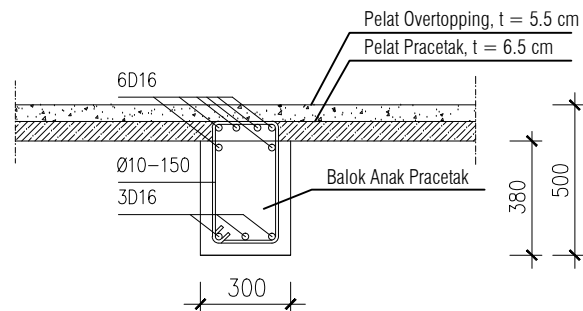
NAMA GAMBAR

BALOK ANAK BA2 SEBELUM KOMPOSIT  
PENGANGKATAN BALOK ANAK BA2  
Potongan A - A  
Potongan B - B

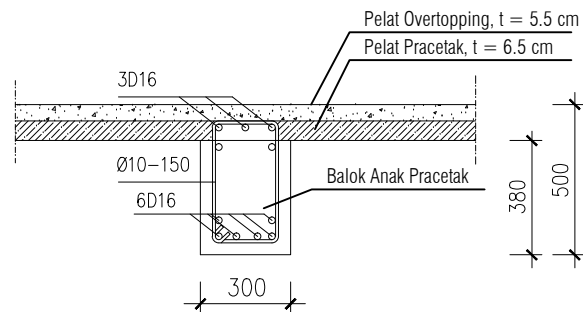
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	17



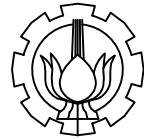
 **BALOK ANAK BA2 SESUDAH KOMPOSIT**  
SKALA 1 : 50



 **Potongan A-A**  
SKALA 1 : 25



 **Potongan B-B**  
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

BALOK ANAK BA2 SESUDAH KOMPOSIT  
Potongan A - A  
Potongan B - B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	18



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

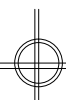
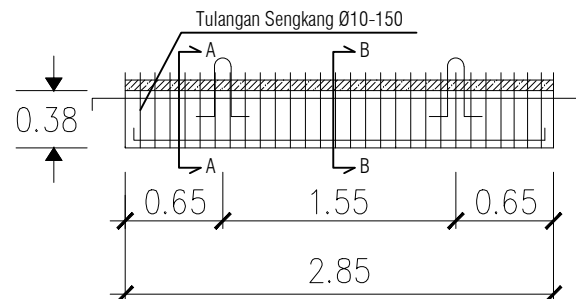
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

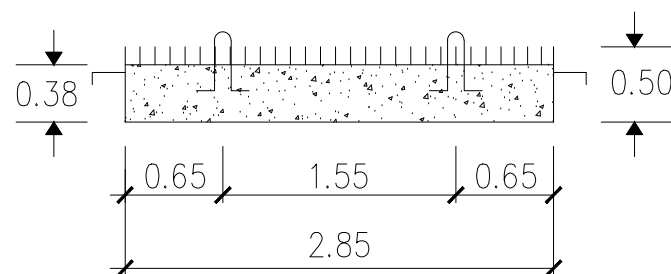
BALOK ANAK BA3 SEBELUM KOMPOSIT  
PENGANGKATAN BALOK ANAK BA3  
Potongan A - A  
Potongan B - B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	19



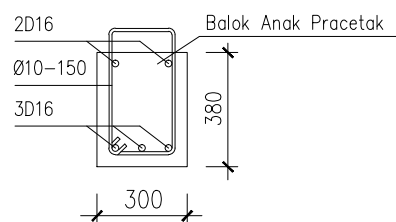
BALOK ANAK BA3 SEBELUM KOMPOSIT

SKALA 1 : 50



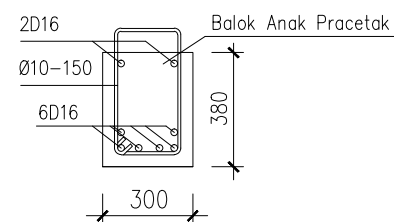
PENGANGKATAN BALOK ANAK BA3

SKALA 1 : 50



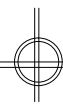
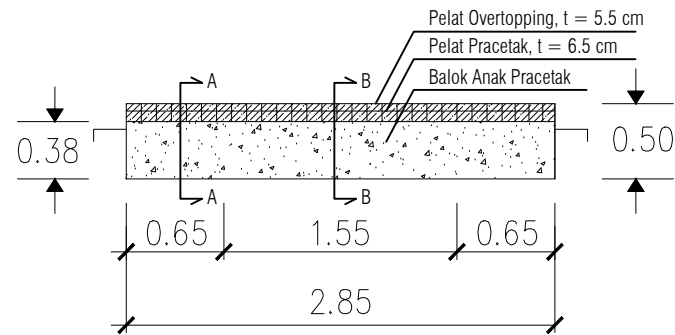
Potongan A-A

SKALA 1 : 25



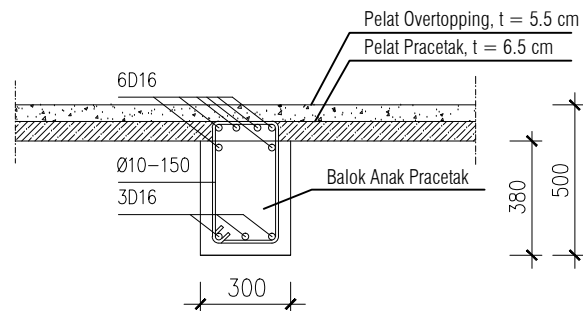
Potongan B-B

SKALA 1 : 25



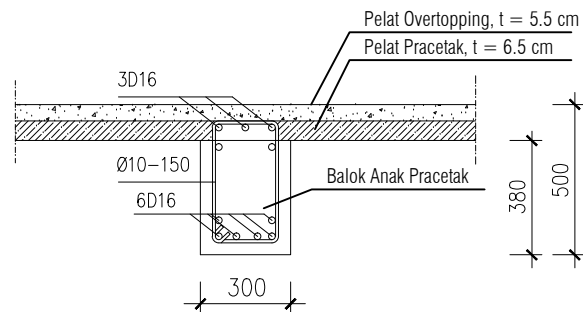
## BALOK ANAK BA3 SESUDAH KOMPOSIT

SKALA 1 : 50



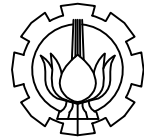
## Potongan A-A

SKALA 1 : 25



## Potongan B-B

SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

BALOK ANAK BA3 SESUDAH KOMPOSIT  
Potongan A - A  
Potongan B - B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	20



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

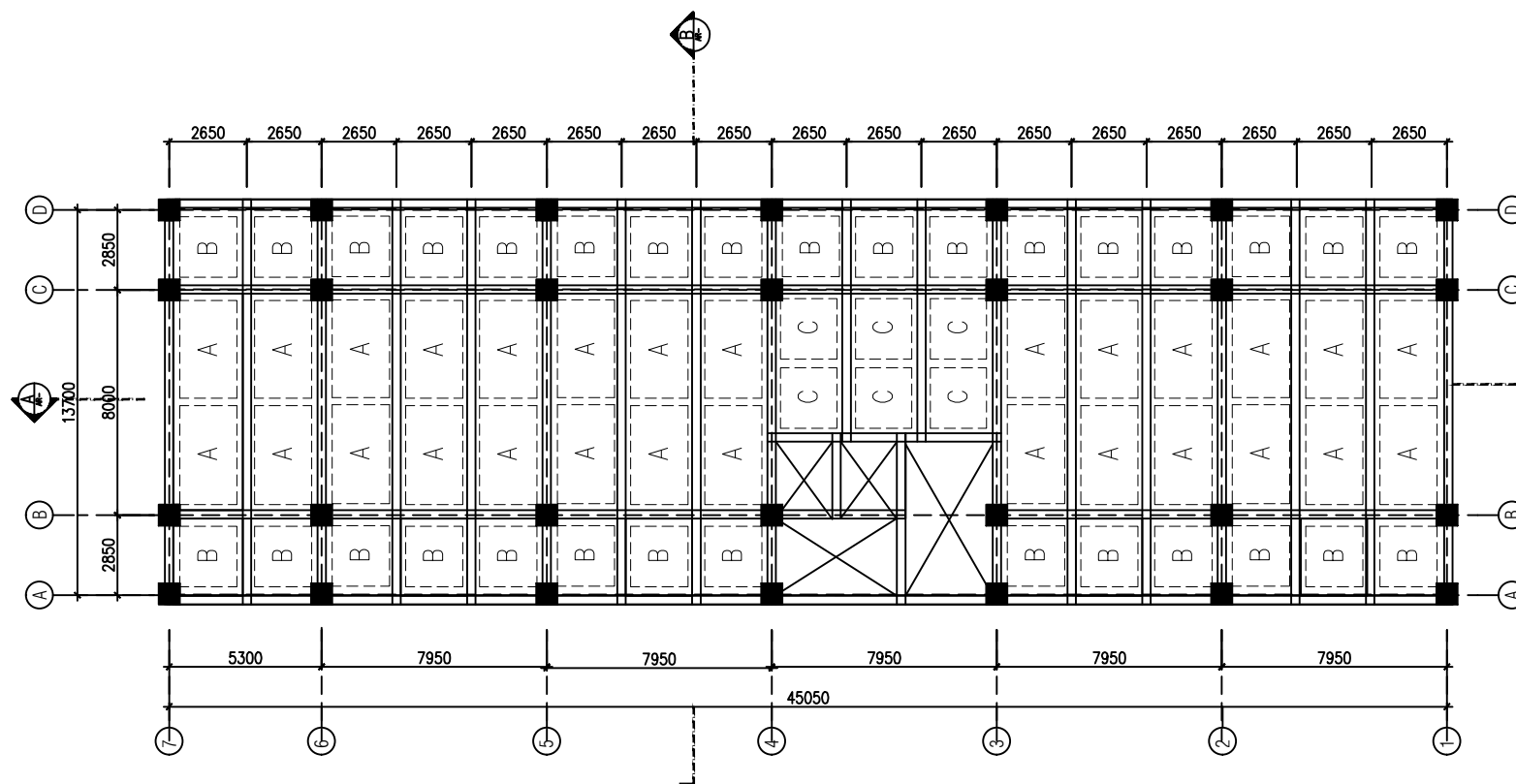
REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

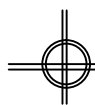
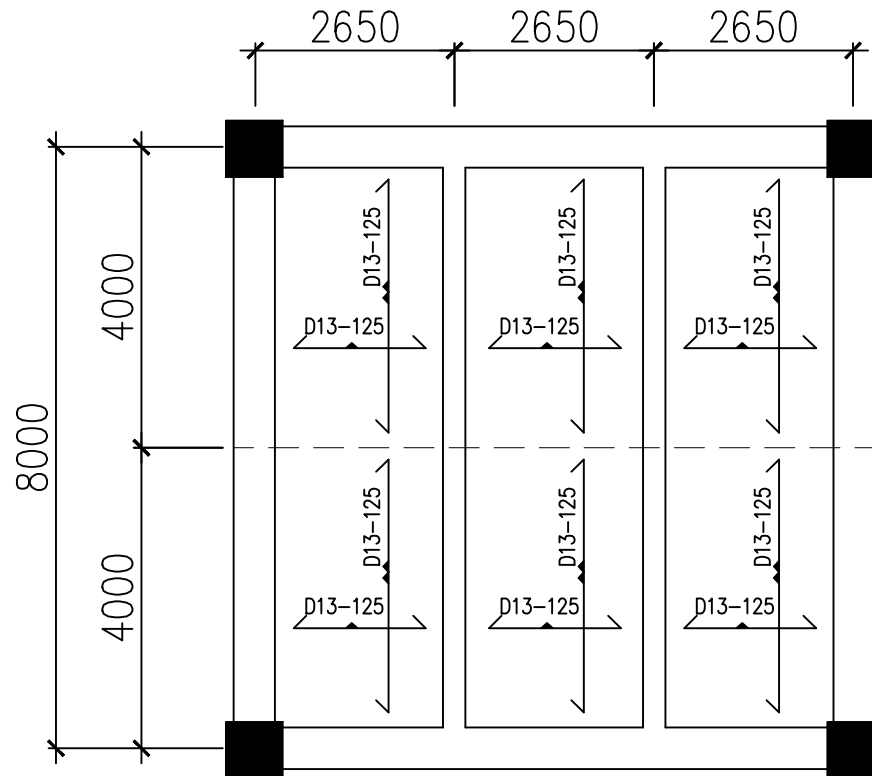
SISTEM PELAT LANTAI 1 - 11

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 250	37	21

PLAT LANTAI		
	DIMENSI	KETERANGAN
A	400 X 265	Plat Lantai Type A
B	285 X 265	Plat Lantai Type B
C	300 X 265	Plat Lantai Type C

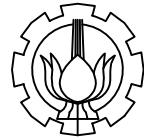


 SISTEM PELAT LANTAI 1 - 11  
SKALA 1 : 250



## SISTEM PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE A

SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujjo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

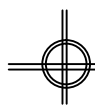
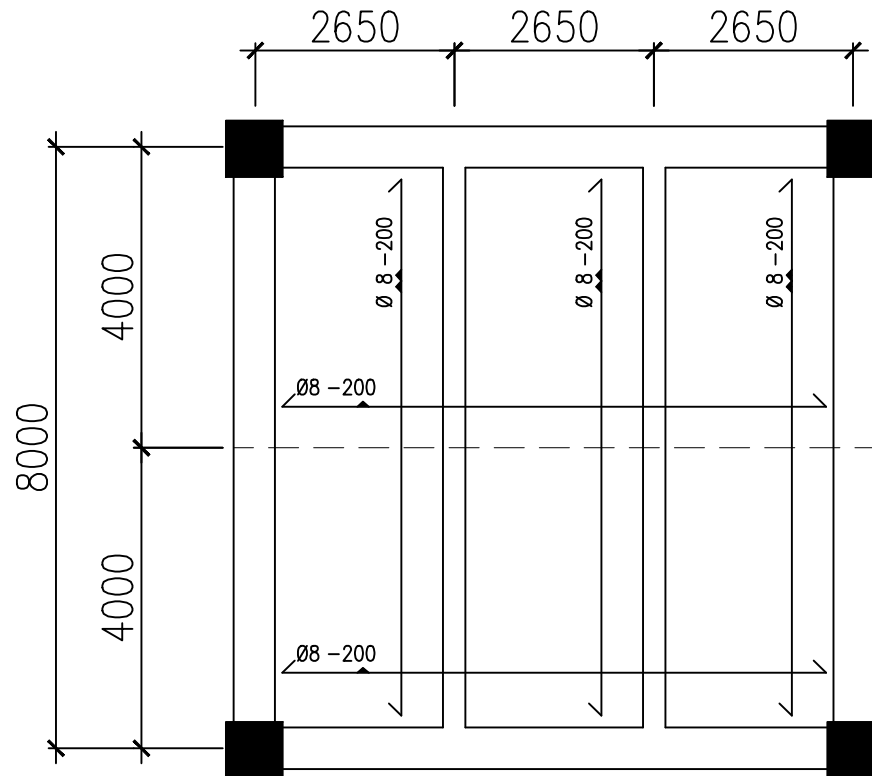
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

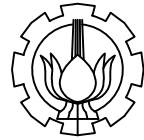
SISTEM PENULANGAN PELAT  
PELAT TIPE A

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 100	37	22



SISTEM PENULANGAN PELAT OVERTOPPING TIPE A

SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

SISTEM PENULANGAN PELAT  
OVERTOPPING TIPE A

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 100	37	23





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

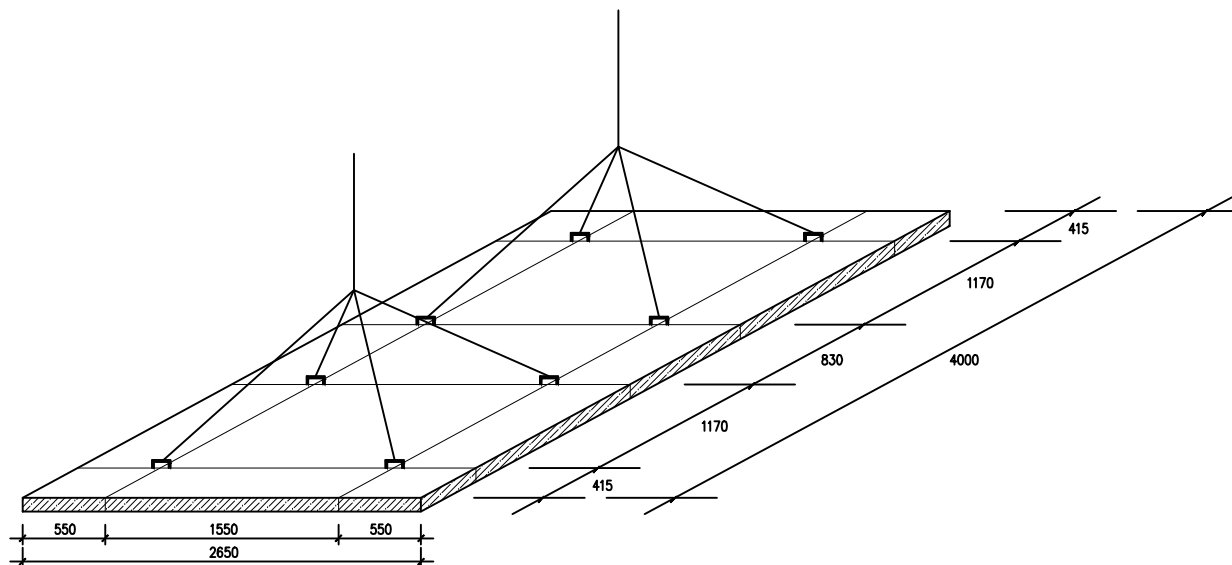
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

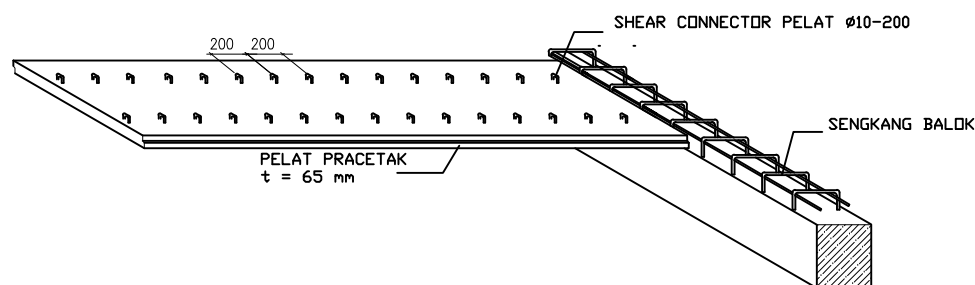
NAMA GAMBAR

TITIK PENGANGKATAN PLAT HALF SLAB TIPE A  
SKETSA TULANGAN STUD PELAT  
HALF SLAB TIPE A

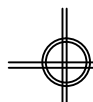
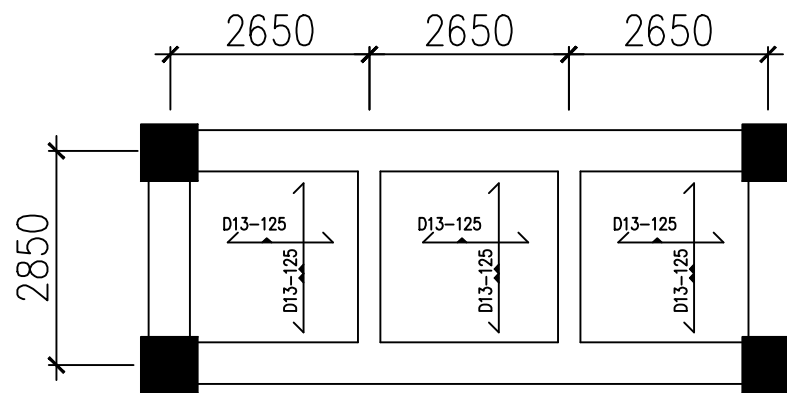
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50	37	24



 TITIK PENGANGKATAN PELAT HALF SLAB TIPE A  
SKALA 1 : 50

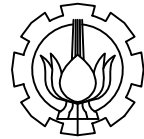


 SKETSA TULANGAN STUD PELAT HALF SLAB TIPE A  
SKALA 1 : 50



## SISTEM PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE B

SKALA 1 :100



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujio Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

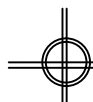
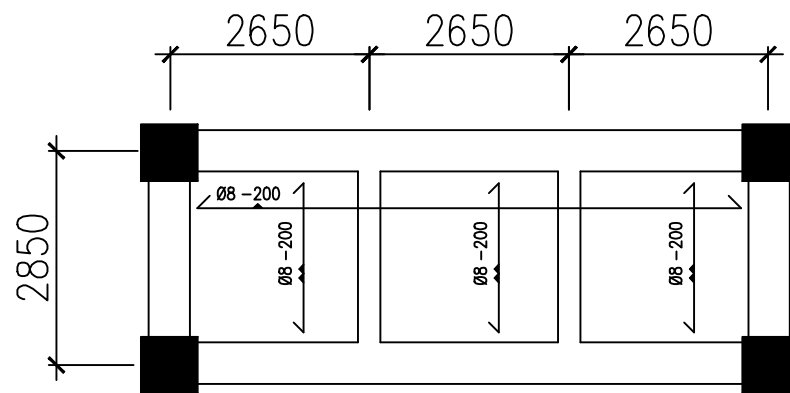
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

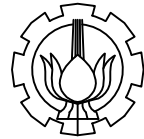
SISTEM PENULANGAN PELAT  
PELAT TIPE B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 100	37	25



## SISTEM PENULANGAN PELAT OVERTOPPING TIPE B

SKALA 1 :100



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

SISTEM PENULANGAN PELAT  
OVERTOPPING TIPE B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 100	37	26



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

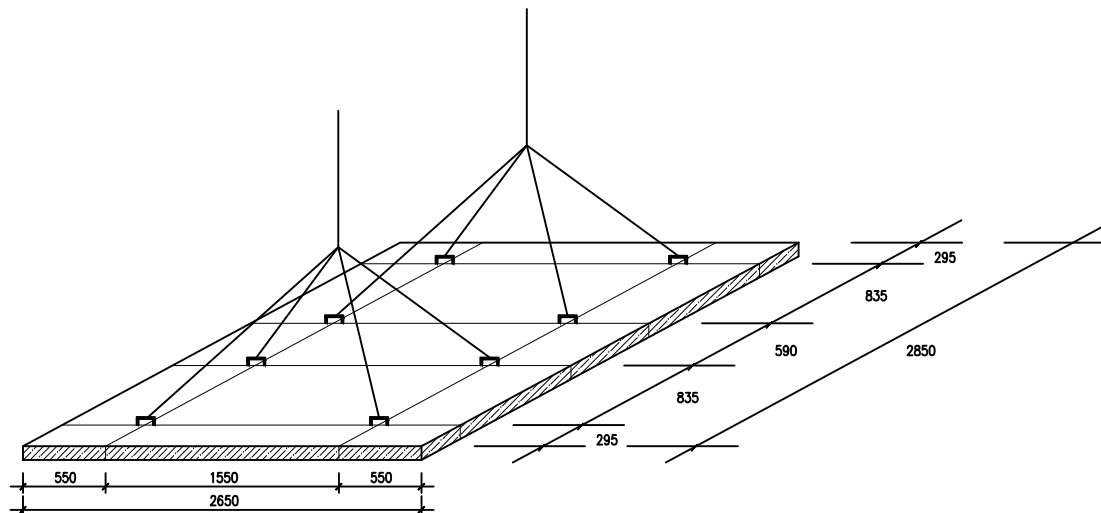
REVISI	TANGGAL	CATATAN
--------	---------	---------

NAMA GAMBAR

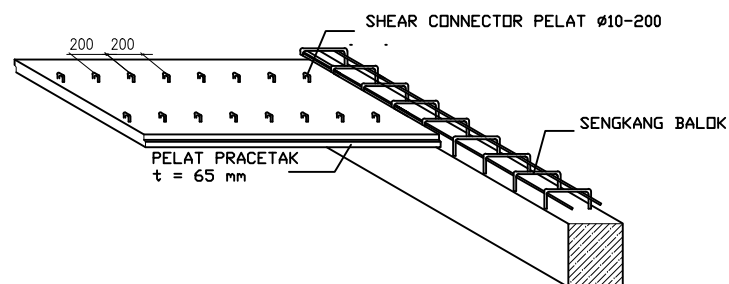
TITIK PENGANGKATAN PLAT HALF SLAB TIPE A  
SKETSA TULANGAN STUD PELAT  
HALF SLAB TIPE B

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
-------	------------------	-----------------

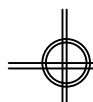
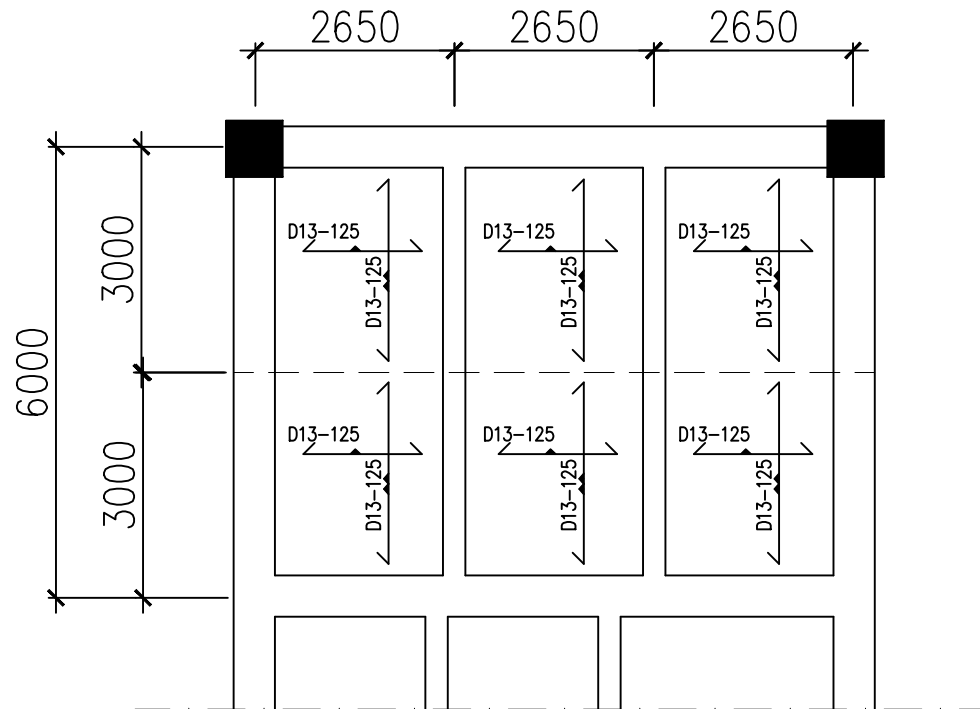
1 : 50	37	27
--------	----	----



 **TITIK PENGANGKATAN PELAT HALF SLAB TIPE B**  
SKALA 1 : 50

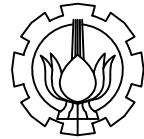


 **SKETSA TULANGAN STUD PELAT HALF SLAB TIPE B**  
SKALA 1 : 50



## SISTEM PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE C

SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

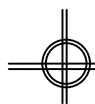
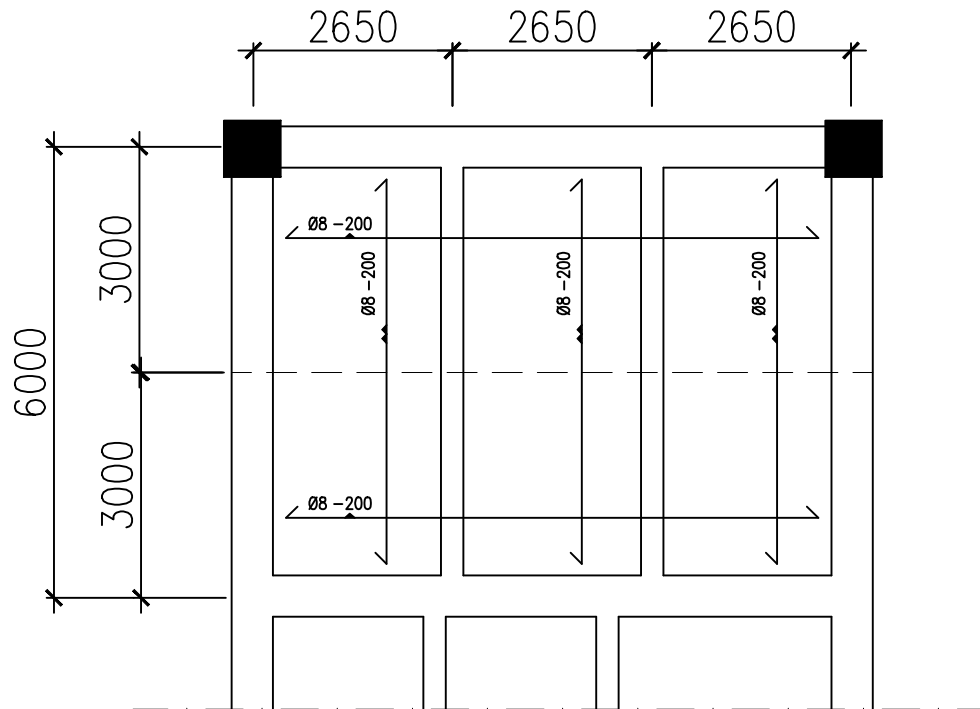
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

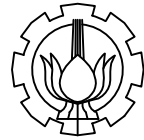
SISTEM PENULANGAN PELAT  
PELAT TIPE C

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 100	37	28



## SISTEM PENULANGAN PELAT OVERTOPPING TIPE C

SKALA 1 :100



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

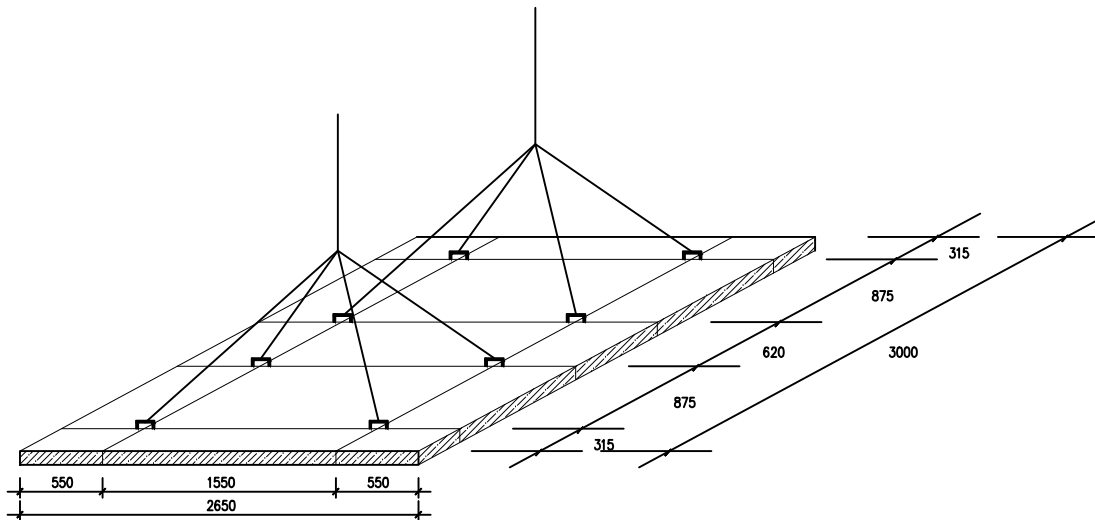
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

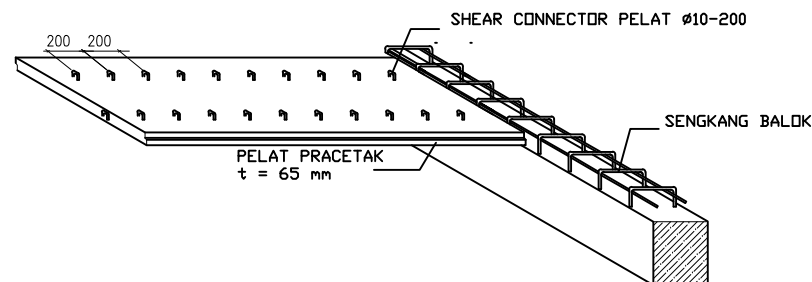
NAMA GAMBAR

SISTEM PENULANGAN PELAT  
OVERTOPPING TIPE C

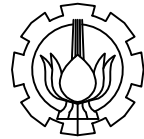
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 100	37	29



 **TITIK PENGANGKATAN PELAT HALF SLAB TIPE C**  
SKALA 1 : 50



 **SKETSA TULANGAN STUD PELAT HALF SLAB TIPE C**  
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujjo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

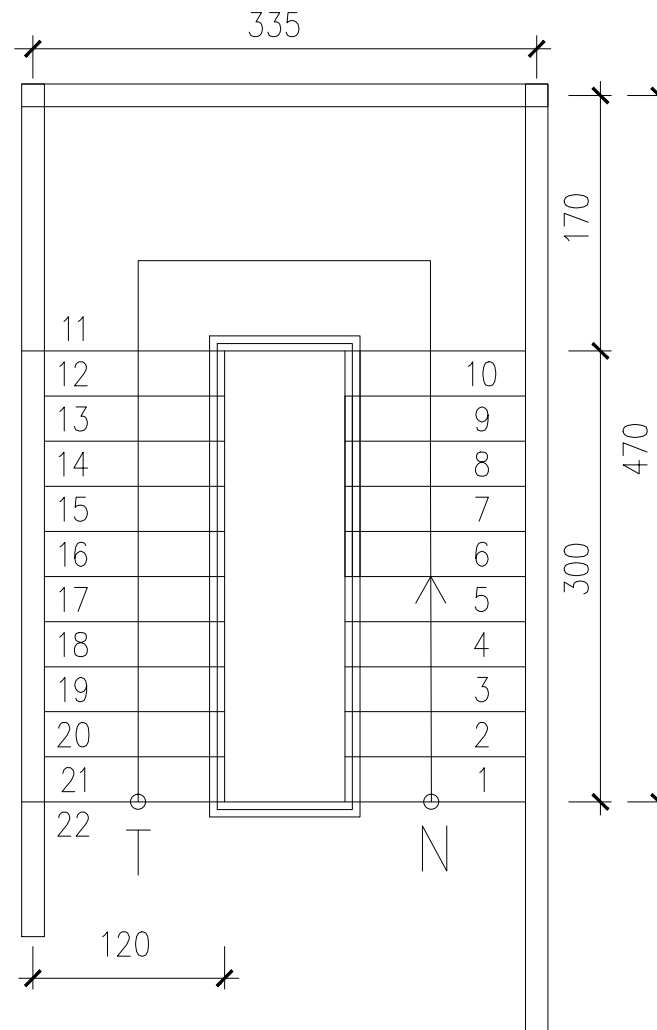
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

TITIK PENGANGKATAN PLAT HALF SLAB TIPE A  
SKETSA TULANGAN STUD PELAT  
HALF SLAB TIPE C

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50	37	30



**DENAH TANGGA**  
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

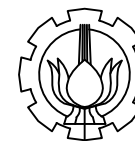
REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

DENAH TANGGA

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50	37	31





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

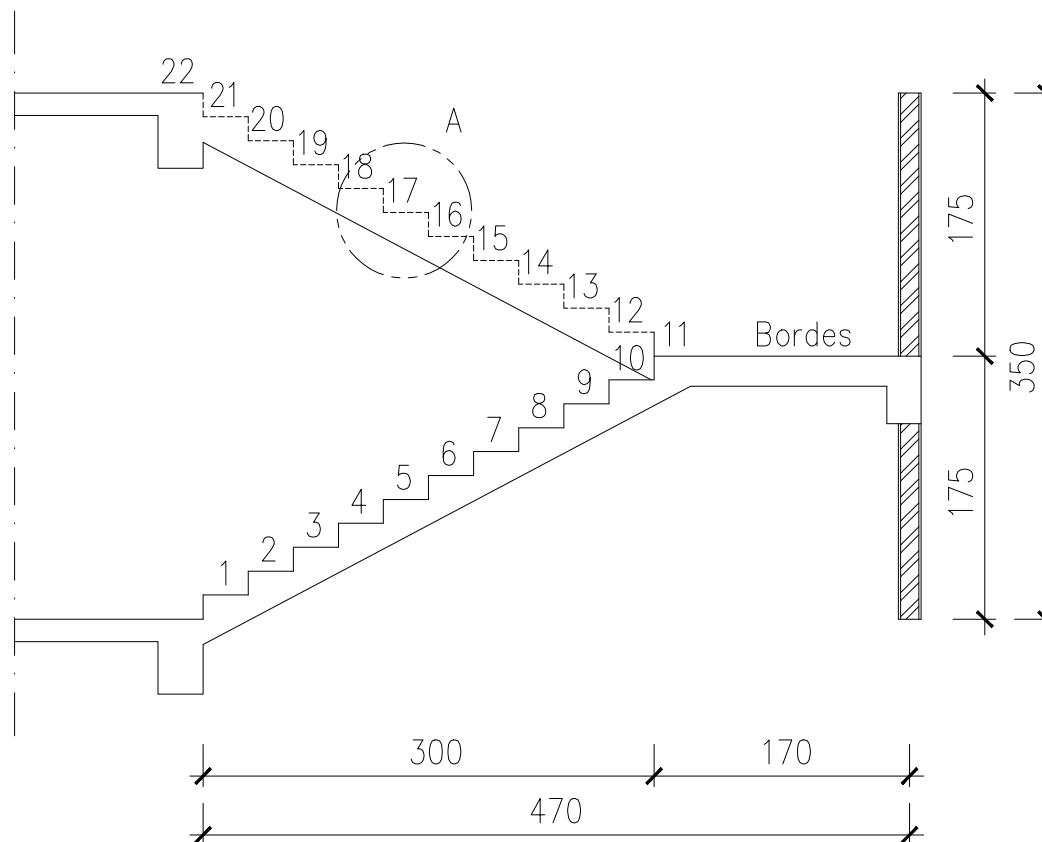
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

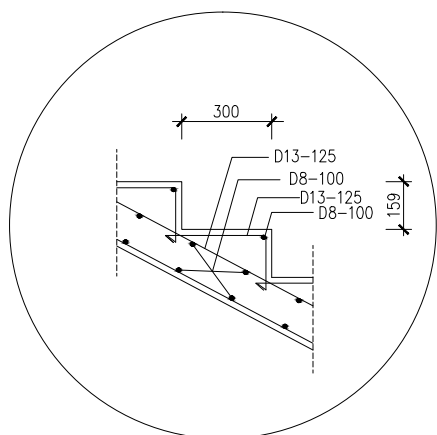
NAMA GAMBAR

TAMPAK SAMPING TANGGA  
DETAIL A

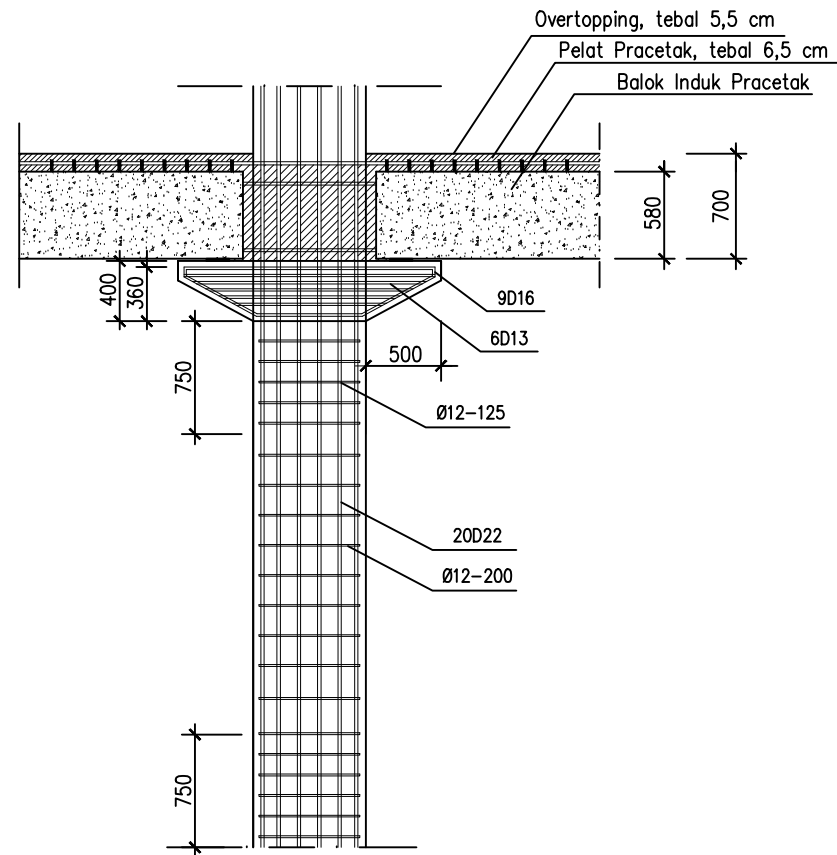
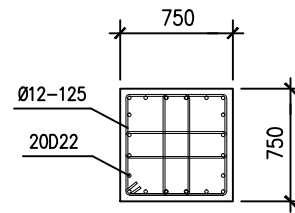
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50 1 : 25	37	32



TAMPAK SAMPING TANGGA  
SKALA 1 : 50



DETAIL A  
SKALA 1 : 25



**KOLOM K1**  
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujio Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

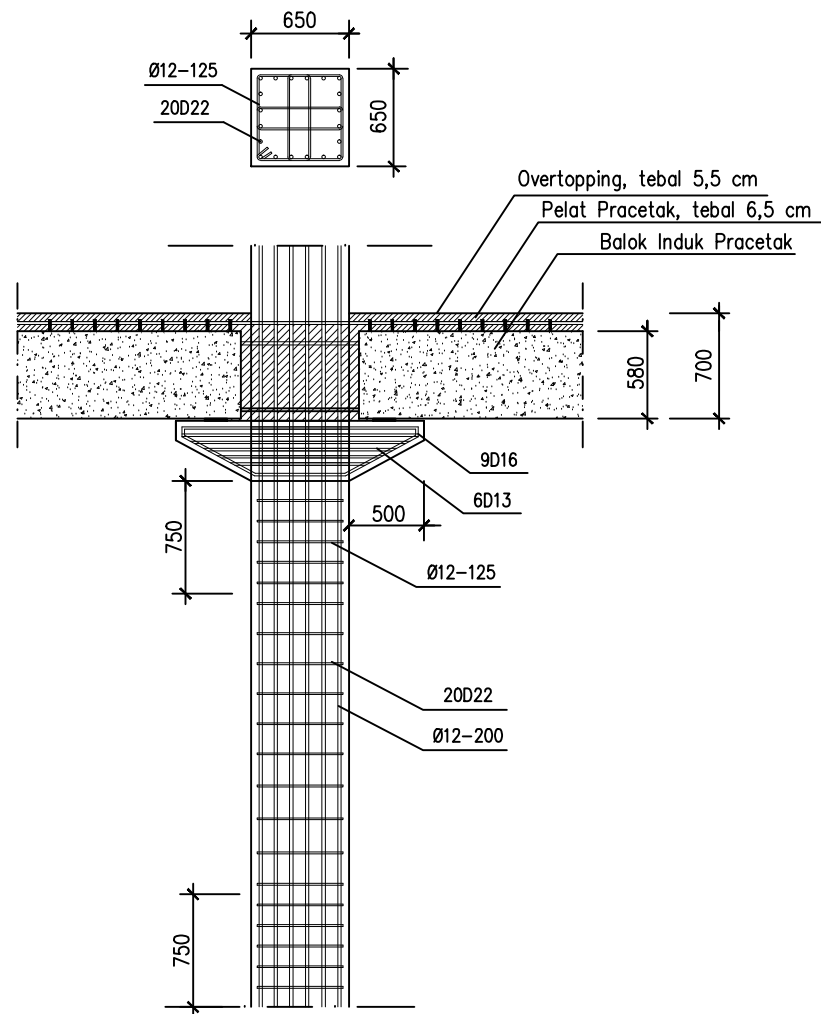
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

KOLOM K1

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50	37	33



**KOLOM K2**  
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

KOLOM K2

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50	37	34



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

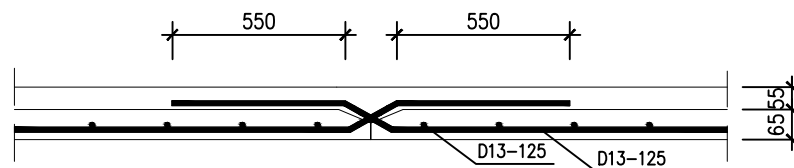
Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

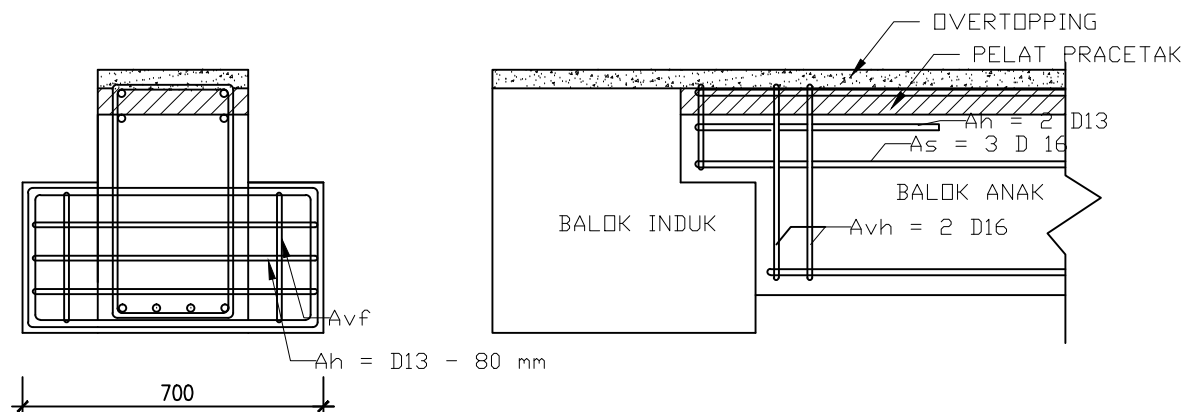
NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN ANTAR PELAT LANTAI  
SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN BALOK ANAK

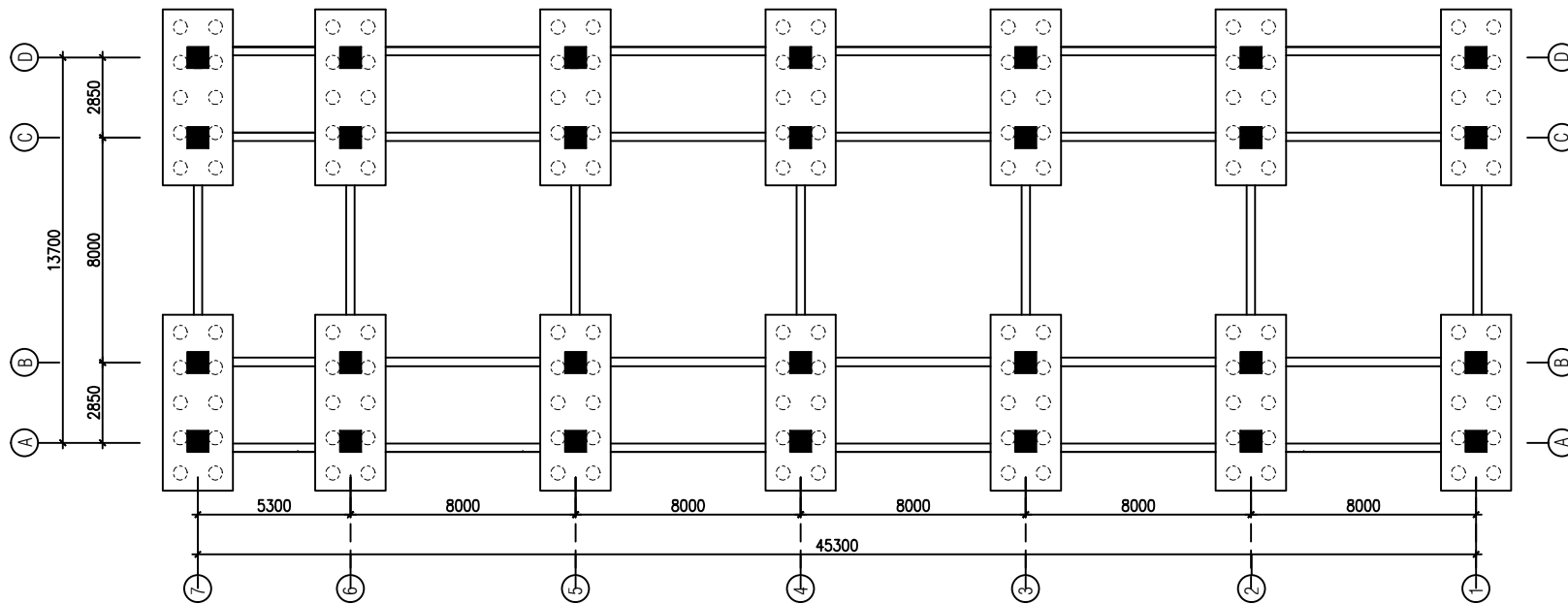
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50	37	35



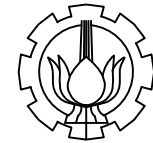
 Sambungan Antar Pelat Lantai  
SKALA 1 :50



 Sambungan Balok Induk dan Balok Anak  
SKALA 1 :50




**DENAH TIANG PANCANG**  
 SKALA 1 : 250



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D  
Dr. techn Pujo Aji, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA


Muhammad Zahid 3114106033

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

DENAH TIANG PANCANG

SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 250	37	36

 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>		
JUDUL TUGAS AKHIR		
MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG PRIME BIZ HOTEL MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH		
DOSEN PEMBIMBING		
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D Dr. techn Pujio Aji, ST., MT		
KETERANGAN		
NAMA MAHASISWA		
Muhammad Zahid 3114106033		
REVISI	TANGGAL	CATATAN
NAMA GAMBAR		
DETAIL PC 1 Potongan A - A		
SKALA	JUMLAH GAMBAR	NOMOR GAMBAR
1 : 50	37	37

